



UNIVERSITAT DE  
BARCELONA

## Determinación arqueopetroológica y territorial de los materiales silíceos entre el sur de Tarragona y el norte de Castellón

Maria Mar Rey Solé



Aquesta tesi doctoral està subjecta a la llicència **Reconeixement- NoComercial 3.0. Espanya de Creative Commons.**

Esta tesis doctoral está sujeta a la licencia **Reconocimiento - NoComercial 3.0. España de Creative Commons.**

This doctoral thesis is licensed under the **Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0. Spain License.**

**UNIVERSITAT DE BARCELONA**

Departament d'Història i Arqueologia

Facultat de Geografia i Història

Programa de doctorado *Societat i Cultura*

**Tesis doctoral presentada por:**

**Maria Mar Rey Solé**

**DETERMINACIÓN ARQUEOPETROLÓGICA Y TERRITORIAL DE LOS  
MATERIALES SILÍCEOS ENTRE EL SUR DE TARRAGONA Y EL NORTE DE  
CASTELLÓN**

**Tesis doctoral dirigida por:**

**Dr. Xavier Mangado Llach**

**Dra. Pilar García-Argüelles Andreu**

Barcelona, septiembre de 2016

*Cuando la sangre de tus venas vuelva al mar y el polvo de tus huesos regrese al suelo,  
quizás comprendas que esta tierra no es tuya, sino que tú perteneces a esta tierra.*

**(Proverbio Sioux)**

## AGRADECIMIENTOS

A lo largo de los años de carrera (s), máster y tesis he conocido a un largo listado de personas a las que debo un sincero agradecimiento ya que de una forma u otra han colaborado para que este proyecto viera la luz.

En primer lugar, quiero decir que conocer a las personas que directamente han confiado en mí para la realización de la presente tesis doctoral ha sido una gran suerte para mí. Tres fueron las personas que depositaron toda su confianza en mí y sin ellos este proyecto no hubiera sido posible: mis dos directores y mi tutor.

El Dr. Xavier Mangado ha sido clave en este proceso. Siempre dispuesto a tenderme la mano desde el 2009 hasta el día de hoy y espero que hasta siempre. Sus enriquecedoras críticas constructivas y consejos en todos los ámbitos y sus correcciones minuciosas han sido esenciales para el buen desarrollo de la presente tesis así como su comprensión y sus ánimos, esenciales en ciertos momentos más delicados. Le agradezco tanto su calidad profesional como humana.

La Dra. Pilar García-Argüelles fue quien me escogió para el estudio de la extensa colección de las muestras del abrigo de l'Hort de la Boquera y ha estado dispuesta a solucionar las dudas que iban surgiendo en el estudio de las mismas.

Al Dr. Josep Maria Fullola, en calidad de tutor, le quiero agradecer haberme aceptado en su día como miembro del SERP (Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques), haberme incluido en varios de sus proyectos y facilitarme la asistencia a diversos congresos así como también le quiero agradecer todos los consejos y charlas enriquecedoras que hemos tenido a lo largo de estos años.

A los tres, gracias por darme la oportunidad de dedicarme, por unos años, al trabajo soñado.

La financiación en estos 4 años para la realización de la presente tesis ha provenido íntegra del Ministerio de Economía y Competitividad en forma de beca FPI (FPI 2012) así como la financiación para las estancias breves realizadas (Madrid-Lund-Budapest).

El Dr. Dídac Román (Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona) es quien me ha facilitado el acceso a la colección de las muestras del abrigo de La Roureda, así como a muchas de las muestras de prospecciones precedentes; siempre llegaba al despacho con alguna muestra nueva que enseñarme. Por supuesto le agradezco también el acompañarme a las salidas

de campo de la zona de Castelló, brindarme siempre su ayuda, hacerme críticas constructivas y aportar su buen humor.

Al Dr. Ferran Colombo (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por su ayuda incondicional, tanto en la salida de campo al Montsant como por sus consejos y correcciones posteriores en el redactado. Gracias también por su buen humor. Haberle conocido casi en la recta final resultó una inyección extra de entusiasmo. Gracias también por haber querido formar parte del tribunal, un experto como es él de una de las zonas de estudio (Montsant) dará un valor añadido a las sugerencias que me indique.

A la Dra. Laura Rosell (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por la paciencia que siempre (¡desde 2002!) ha tenido conmigo para resolver mis dudas petrológicas y por su apoyo perenne a lo largo de los años.

Al Dr. Carles Martín-Closas (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por su tiempo dedicado, gran interés, ayuda en la discriminación de la micropaleontología y a la corrección del apartado dedicado a algas carofíceas.

En estos 4 años he estado 8 meses “totalmente” sola y lejos de mi casa; primero, en Madrid, en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), quiero agradecer a la Dra. María Ángeles Bustillo, quién tuteló mi estancia, por su gran acogida del primer al último día, que haya compartido conmigo sus conocimientos, me haya aconsejado con gran interés, así como por su afecto y cariño mostrado. Gracias también por todas las reuniones via *skype* posteriores. Su aceptación como parte del tribunal ha generado una gran confianza en mí, ya que su enorme conocimiento del mundo de la petrología en general y del sílex en particular dará como frutos grandes consejos a seguir.

A Alfredo, su marido, por su gran simpatía y amistad. A Mariano y María José por su gran amabilidad y gentileza, a Antonio por sus conversaciones en las que intentamos cambiar el mundo y en general a todo el personal del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC por su interés y ayuda desinteresada relacionada con mi investigación en todo momento.

During my stay at Lund University (Sweden) I want to thank the warm welcome by Dr. Deborah Olausson (Institutionen för Arkeologi och Antikens Historia), her help in the early days for my adaptation as well as the opportunity she gave me to explain my current research in a seminar.

To D. Olausson together with Dr. Anders Högberg (Linnéuniversitetet, Institutionen för Kulturvetenskaper) I want to thank for letting me do the geochemical study of the siliceous collection and all advices provided.

To Drs. Anders Scherstén, Leif Johansson and Tomas Næraa (Lunds Universitet, Geologiska Institutionen) I want to thank for mentoring my stay, and for assign me a space in the laboratory and the department as well as the meticulous work done with the samples. Finally I'd like to thank the kindness from all the fellows from the departments of Archaeology and Geology, especially Drs. Anders Lindahl, Torbjörn Ahlström, Susan Hyden and Belinda Glasby.

Tack så mycket!

During my stay in the Magyar Nemzeti Múzeum in Budapest I was tutored by Dr. Katalin Biró whom I am very grateful for their great sympathy and hospitality, for allowing me to work with her on the largest lithotheque of Europe and for making my stay so nice. I'd like to thank also the staff from the lithotheque of the Magyar Nemzeti Múzeum for their good mood and to make my work become more pleasant, especially, Zsuzsa, Krisztina and Kata. Naspi and Endre I'll never forget you.

Dr. András Markó I want to thank your great sympathy and your acceptance as part of my PhD court, your knowledge will be very appreciated and I will keep deeply your good advices.

Köszönöm!

To Drs. Corina Ionescu and Volker Hoeck (Universitatea Babeş-Bolyai) deeply thank you for your hospitality and warmness. Thanks for giving me a place in my visit at the Babeş Bolyai University (Romania).

Mulțumesc!

Unos trocitos de mi corazón se quedaron repartidos por Europa para siempre y para mí sería una gran alegría poder contar con todos ellos en futuras colaboraciones.

Al Dr. Christophe Delage (Museo Nacional de Historia Natural de París) por confiarme previamente el estudio de las muestras de la litoteca de la Charente y poder así iniciar mi andadura en el mundo de la Arqueopetrología.

A la Dra. M. Mercè Bergadà (Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona) quiero agradecerle que, a través de sus clases, allá por el 2005, fuera capaz de transmitirme su pasión por la Prehistoria. Gracias también por haber aceptado formar parte del tribunal como suplente.

Al Dr. Andoni Tarrío (CENIEH) le agradezco el haber aceptado formar parte del tribunal en calidad de suplente y haber puesto siempre interés en el estado de la investigación.

Al Dr. Albert Soler Gil (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por su tiempo dedicado a explicarme algunos secretos de la Geoquímica.

A Azucena Casado le agradezco profundamente haberme dado a conocer el proyecto Lithic UB y haberme presentado al Dr. Xavier Mangado, un simple detalle que hizo que mi vida tomase un rumbo distinto. También le agradezco por supuesto su amistad incondicional en estos años.

A Bárbara Medina le agradezco en primer lugar toda la ayuda brindada y el haber compartido una salida de prospección juntas, facilitándome también unas muestras de mano y láminas delgadas de su propia investigación para mi propio estudio. Nuestras conversaciones, confidencias, consejos, críticas constructivas, apoyo y amistad mostrados muestran una gran generosidad por su parte.

A Luis Miguel García Simón (Facultad de Filosofía y Letras, Universidad de Zaragoza) por compartir una salida de campo, conocimientos, muestras de mano y por su eterna sonrisa y simpatía.

Al Dr. Xavier Terradas y al Sr. David Ortega de la Institució Milà i Fontanals (CSIC) por abrirme las puertas y mostrarme la litoteca de sílex catalana Litocat.

A las Dras. Dolors Barsó y Fadoua Oumada y a los Sres. Vicenç Planella y Montse Sibila del Servei de Lámina Prima (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por atenderme siempre con la máxima celeridad y alegría.

A la Dra. Marta Rejas del Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera (CSIC) por responder a todas mis dudas en el curso de ICP y acceder a hacer algunas correcciones del capítulo dedicado a la Geoquímica de esta tesis.

A la Dra. Gisela Ripoll (Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona), a quién conocí en 2003, que siguiendo mi trayectoria un día dijo que yo era "una corredora de fondo" con orgullo. Gracias, espero no haber llegado aún a la meta.

A la Dra. Gemma Alías (Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona) por su gran ayuda en trabajos de investigación paralelos a esta tesis y por su gran apoyo desinteresado.

A Pilar Revelles (Facultat de Geografia i Història, Universitat de Barcelona) por su apoyo y amistad en momentos difíciles así como también se lo agradezco a las chicas del Punt d'Informació.

Agradecer también que el Dr. Pedro Díaz del Río, la Dra. Susana Consuegra y la Dra. Nuria Castañeda me abrieran las puertas tan amablemente en mi visita al Centro de Ciencias Humanas y Sociales (CSIC) en mi estancia en Madrid.

A la prof. Glòria Eguaras (Escolàpies de Llúria), quien fue mi tutora en 3º de BUP y profesora de Geología, por darme unas bases sólidas de aprendizaje y enseñarme a creer en mí misma en el difícil período de la adolescencia.

Hay otras personas que de algún modo u otro, directa o indirectamente o solamente a través de algunas palabras, me han ayudado también en el proceso. Gracias: Dr. Joan Daura, Dra. Montse Sanz, Dr. Antoni Freixas, Dr. Jordi Nadal, Dr. Alberto López Mullor, Dr. Manel Edo, Dr. Jose Miguel Tejero, Dra. Maria Ángeles del Rincón, Dr. Miguel Ángel Cau, Dr. Jaume Buxeda, Dra. Marisol Madrid, Dr. Rafael Domingo, Dra. Lourdes Montes y también a todos aquellos estudiantes y voluntarios anónimos que han excavado durante todos los años de campaña y han hecho posible que dichos materiales llegaran a mis manos.

A mis compañeros de fatigas, Maria Rosa, Mireia, Irene Esteban, Mónica, Fernanda, Ana, Daniela, Laia, Leandro, Marta Mateu, Núria, Maria, Ruth, Eli, Marta Sánchez, Lydia, Irene Rodríguez y Cristina.

A mis amigos, Raquel y Juanma, Sílvia, Cristina y Rubén, Sandra y Oriol por aconsejarme, hacerme reír en momentos difíciles y brindarme su amistad incondicionalmente.

Pero sobre todo, a quien más les debo es a las siguientes personas, las más importantes de mi vida y a quién dedico este trabajo: mis padres, Gabriel y Emilia, de quienes he heredado, entre otras cosas, la pasión por las ciencias ligadas a la tierra y la perseverancia, y quienes han apostado por mí en todo momento, aguantando mis malos momentos y animado cuando más lo necesitaba y a Jordi, mi compañero vital, que - además de acompañarme en la mayoría de salidas de campo y conducir cientos de quilómetros - con todo su amor y paciencia me ha dado fuerzas para continuar. Y a Mishoo y Misha, mis hijos gatunos.

Barcelona, septiembre de 2016

## **RESUMEN**

El presente trabajo ha querido deducir, a través del estudio de las industrias líticas recuperadas en dos yacimientos finipaleolíticos, los sistemas de aprovisionamiento, estrategias y explotación del territorio interpretando de esta manera el comportamiento humano de ciertos grupos de cazadores-recolectores durante la transición Pleistoceno-Holoceno.

El abrigo de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona) adscrito al Epipaleolítico y el abrigo de la Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló) adscrito al Epimagdaleninse han sido los dos yacimientos caso de estudio.

La metodología empleada ha consistido en la aplicación conjunta del trabajo de laboratorio y del trabajo de campo. A través del conjunto de analíticas arqueopetroológicas, tanto mineralógicas como geoquímicas, compuestas por los análisis clásicos de macroscopía y microscopía óptica, así como otros métodos complementarios como la Microscopía Electrónica de Barrido, la Espectroscopía micro-Raman, la Difracción de Rayos X y el Análisis por Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser, han podido ser discriminadas variedades de sílex diferentes para los dos conjuntos de utillaje lítico.

El conjunto de prospecciones y trabajo de campo realizado para los respectivos abrigos ha dado lugar al conocimiento de muchos de los puntos de afloramiento de material silíceo susceptible de haber sido explotado en tiempos prehistóricos y ha conferido un conocimiento muy valioso para la posterior comparación de materias primas líticas silíceas.

Por un lado, para el abrigo de l'Hort de la Boquera se han discriminado hasta tres tipos y cuatro variedades distintas de sílex, de los cuales el mayoritario (con aprox. 95%) se corresponde con un tipo de origen continental por reemplazamiento de evaporitas, mientras que los otros dos restantes se corresponden con un origen por reemplazamiento de calizas lacustres.

Los grupos humanos de l'Hort de la Boquera establecieron una serie de afloramientos, de una misma formación bastante cercana al abrigo -el Complejo Ulldemolins-, como la base recurrente para el aprovisionamiento de materias primas silíceas.

Para el 5% restante de sílex de las otras dos variedades de origen por reemplazamiento de calizas lacustres se han propuesto dos sistemas de aprovisionamiento distintos, el primero, por captación directa en afloramientos secundarios (algunas terrazas cuaternarias o el mismo lecho

del río Ebro) y el segundo, por captación indirecta o intercambio con otras comunidades que pudieron estar asentadas en zonas más septentrionales.

Por otro lado, para el abrigo de La Roureda, se han discriminado un total de cuatro tipos y cinco variedades de sílex, los mayoritarios se corresponden con un origen por reemplazamiento de sedimentos lacustres y los minoritarios se corresponden con un origen por reemplazamiento de sedimentos marinos y por un origen desconocido hasta el momento respectivamente.

Los grupos humanos de La Roureda establecieron unas pautas distintas de explotación y captación de materias primas silíceas, seguramente condicionados por las características de su entorno y la desigual oferta de recursos minerales emplazados. Se observa un radio de movilidad más extenso -a nivel regional- y direccional (este-oeste) en busca de afloramientos primarios sin descartar la posible captación en afloramientos secundarios, documentados a nivel local. Otra hipótesis no excluyente es el supuesto contacto eventual con otras comunidades de la zona occidental o “aragonesa”, algo más rica en materia prima silícea.

Además y en la medida de lo posible, se ha establecido una relación entre tipo de útil y variedad de sílex observando algún tipo de intencionalidad en la manufactura de ciertas variedades recuperadas en el abrigo de La Roureda.

Observamos de esta manera como los grupos humanos de cazadores-recolectores estaban ciertamente “condicionados” a las características que sus entornos ofrecían y por lo tanto las estrategias de aprovisionamiento y comportamiento se ajustaban al conocimiento territorial que adquirieron gracias a la experiencia. Podemos afirmar categóricamente que conocían bien el conjunto de afloramientos primarios y secundarios que estaban a su alcance y por consiguiente, los recursos minerales que podían explotar en su beneficio para poder vivir su día a día.

## **ABSTRACT**

This work has sought to deduce, through the study of lithic industries recovered in two late Palaeolithic sites, provisioning systems, strategies and exploitation of the territory by certain groups of hunter-gatherers during the Pleistocene - Holocene transition thus interpreting their human behavior.

L'Hort de la Boquera rockshelter (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona) ascribed to Epipalaeolithic and La Roureda rockshelter (Vilafranca, Els Ports, Castelló) ascribed to Epimagdalenian have been both case study.

The methodology used consisted in the combined application of laboratory and fieldwork. Through the whole archaeopetrological analytics, both mineralogical and geochemical, consisting of classical analysis of optical macroscopy and petrographic microscopy, as well as other complementary methods such Scanning Electronic Microscopy, micro-Raman Spectroscopy, X-ray Diffraction and Analysis by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry with Laser Ablation, it has been able to discriminate the different varieties of flint for the two sets of lithic tools.

The set of geological surveys and fieldwork done for both rockshelters has led the identification of many potential siliceous outcrops that could have been exploited in prehistoric times conferring a valuable knowledge for subsequent comparison of siliceous lithic raw materials.

On the one hand, for l'Hort of Boquera rockshelter has been discriminated up to three types and four different varieties of flint, of which the majority (approx. 95%) is a type of evaporites replacement origin, while the other remaining two are from replacement of lacustrine origin sediments.

Human groups of l'Hort de la Boquera rockshelter established a serie of outcrops belonging to the same formation - the Ulldemolins complex - and very near the site such as recurring basis for the procurement of siliceous raw materials.

On the other hand, there are two different systems proposed of raw materials captation for the remaining 5% of flint - the other two "lacustrine origin" varieties-; the first one by direct uptake in secondary outcrops (some Quaternary terraces or the Ebro riverbed) and the second, by

indirect uptake or by exchange with other communities that could be settled in more northern areas.

For the Roureda rockshelter there are a total of four types and five varieties of flint differentiated. Two of the main types are from a replacement of brackish / lacustrine origin sediments; the next in order of importance is from replacement of marine origin sediments and the minor one with very few tools has an unknown origin so far.

The human groups from La Roureda established different patterns of exploitation and uptake of siliceous raw materials, probably conditioned by the characteristics of their environment and the unequal offer of emplaced mineral resources. It has been observed a more extensive radius of mobility –at a regional level- and directional (east-west) searching for primary outcrops without discarding the possible uptake in secondary outcrops, so far documented at a local level. Another not excluding hypothesis is the assumption of the possible contact with other communities in the western or "Aragonese" zone, somewhat richer in siliceous raw materials.

In addition, and as far as possible, it has been established a relationship between the type of tool and the variety of flint observing some kind of intentionality in the manufacture of certain varieties recovered in La Roureda rockshelter.

Thus we can see how human groups of hunter-gatherers were certainly "conditioned" by the characteristics offered by their environments and therefore, the sourcing strategies and behaviours were in line with territorial knowledge acquired through experience. We can say categorically that they knew the set of primary and secondary outcrops available and therefore the mineral resources that could be exploited to their benefit to their daily lives.

# ÍNDICE

## BLOQUE I: PLANTEAMIENTOS GENERALES

### 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Inicios y desarrollo de este proyecto: ¿cuándo, cómo, por qué?.....	1
1.2 Objetivos de la investigación.....	3
1.3 Estructura de la tesis.....	6

## BLOQUE II: LA ARQUEOPETROLOGÍA Y LA PREHISTORIA: EL SÍLEX Y SU ESTUDIO

### 2. LOS CONCEPTOS DE TERRITORIO Y MOVILIDAD EN PREHISTORIA. HERRAMIENTAS DE ESTUDIO: DEL SÍLEX COMO MATERIA PRIMA A LA ARQUEOPETROLOGÍA

2. 1 Territorio y movilidad.....	9
2.1.1 Áreas de captación de materias primas y sistemas de aprovisionamiento: estrategias de abastecimiento.....	12
2.1.2 La explotación de las materias primas líticas en la Prehistoria: el caso del sílex.....	14
2. 2 La Arqueopetrología: Definición y planteamiento de la disciplina. Herramientas.....	15
2.2.1 Breve historia del estudio del sílex como materia prima en la Prehistoria.....	16
2.2.2 Evolución internacional y nacional de la Arqueopetrología.....	18
2.2.3 Teoría de la Arqueopetrología.....	20
2.2.4 Objetivos y valoraciones de las técnicas de la Arqueopetrología.....	23
2.2.5 Las litotecas: herramientas básicas para la Arqueopetrología.....	24
2. 3 El abrigo de L'Hort de la Boquera y el abrigo de La Roureda: investigando el territorio durante la transición Pleistoceno - Holoceno.....	27

### **3. LA NATURALEZA DEL SILEX**

<b>3.1 El sílex y las rocas sedimentarias</b> .....	29
3.1.1 Las múltiples denominaciones del sílex.....	29
3.1.1.1 Debate terminológico.....	29
3.1.1.2 Variedades del sílex y sus denominaciones.....	30
3.1.2 Definición.....	30
3.1.3 Composición.....	30
3.1.3.1 Componentes silíceos.....	31
3.1.3.2 Componentes no silíceos.....	37
3.1.4 Orígenes, litofacies del sílex y proceso de silicificación.....	41
3.1.4.1 Litofacies estratificada.....	42
3.1.4.2 Litofacies nodular.....	42
3.1.4.3 Proceso de silicificación.....	43
<b>3.2 Propiedades del sílex</b> .....	44
3.2.1. Características mineralógicas y texturales macroscópicas.....	44
3.2.1.1 Color.....	45
3.2.1.2 Transparencia.....	45
3.2.1.3 Brillo.....	46
3.2.1.4 Textura y estructura.....	46
3.2.1.5 Texturas relictas o heredadas.....	48
3.2.2 Propiedades aportadas por las impurezas.....	49
3.2.3 Propiedades mecánicas.....	50
3.2.3.1 Propiedades que afectan a su fractura.....	50
3.2.3.2 Dureza.....	50
3.2.3.3 Tenacidad.....	51
3.2.3.4 Elasticidad.....	52
<b>3.3 La Micropaleontología del sílex</b> .....	52
3.3.1 Paleoecología y reconstrucción paleoambiental con microfósiles.....	53
<b>3.4 Conclusiones</b> .....	67

## **BLOQUE III: CONTEXTO GEOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN**

### **4. ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ZONAS**

<b>4.1 Introducción</b> .....	69
<b>4.2 Marco geológico relacionado con el abrigo de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona)</b> .....	70
4.2.1 Las Catalánides.....	70
4.2.2 Cuenca sedimentaria del Ebro.....	70
<b>4.3 Marco geológico relacionado con el abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló)</b> .....	74
4.3.1 La Zona de Enlace.....	74
4.3.2 Cuenca sedimentaria del Maestrat .....	75

### **5. LOS YACIMIENTOS CASO DE ESTUDIO: DOS ABRIGOS FINIPALEOLÍTICOS**

<b>5.1. El abrigo de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona)</b> .....	77
5.1.1 Localización y descripción.....	77
5.1.2 Descubrimiento e historia de las excavaciones.....	79
5.1.3 Características geoarqueológicas de la zona.....	80
5.1.4 Aspectos estratigráficos, micromorfológicos y secuencia edafosedimentaria del abrigo.....	82
5.1.5 Cronología.....	84
5.1.6 Evidencias de ocupación humana. Registro arqueológico.....	85
5.1.7 Estudios paleobiológicos.....	90
<b>5.2 El abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló)</b> .....	95
5.2.1 Localización y descripción.....	95
5.2.2 Descubrimiento e historia de las excavaciones.....	96
5.2.3 Evidencias de ocupación humana. Registro arqueológico.....	99
5.2.4 Cronología.....	102

5.2.5 Conclusiones. La Roureda actualmente.....	102
-------------------------------------------------	-----

## **BLOQUE IV METODOLOGÍA**

### **6. METODOLOGÍA TÉCNICA APLICADA**

<b>6.1 Técnicas mineralógicas.....</b>	<b>107</b>
6.1.1 Análisis macroscópico.....	107
6.1.2. Parámetros macroscópicos descriptivos y fichas de descripción.....	109
6.1.2.1 Ficha arqueopetrográfica de descripción de material arqueológico.....	109
6.1.2.2 Ficha geológica de descripción de afloramientos y material silíceo.....	112
6.1.3 Análisis microscópico (MO).....	114
6.1.4 Proceso de realización de una lámina delgada.....	116
6.1.5 Parámetros para la descripción de las muestras y ficha de caracterización microscópica.....	121
6.1.6 Análisis por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	124
6.1.6.1 Preparación previa de las muestras.....	124
6.1.7 Análisis por Espectroscopía micro-Raman.....	127
6.1.8 Análisis por Difracción de Rayos X (DRX).....	130
6.1.8.1 Preparación previa de la muestra.....	131
<b>6.2 Técnicas geoquímicas.....</b>	<b>134</b>
6.2.1 Análisis por Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA).....	134
6.2.1.1 Preparación previa de las muestras.....	136
<b>6.3 Otras técnicas.....</b>	<b>142</b>
6.3.1 Análisis por Rayos UV.....	142
<b>6.4 Conclusiones.....</b>	<b>144</b>

## **7. INVESTIGANDO EL TERRITORIO: PROSPECCIONES SOBRE EL TERRENO**

<b>7.1 Prospecciones relacionadas con l'Hort de la Boquera y descripción de las muestras recuperadas.....</b>	<b>146</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------

7.1.1 Grupo Scala Dei.....	149
7.1.2 Grupo Cornudella.....	158
7.1.3 Formación de liditas de Poboleda.....	175
7.1.4 Formaciones de las facies del Muschelkalk.....	177
7.1.5 Formación Valldeperes.....	181
7.1.6 Formación Pira.....	185
7.1.7 Formación Blancafort.....	191
7.1.8 Unidad Torrente de Cinca – Alcolea de Cinca.....	192
7.1.9 Cuaternario.....	198
7.1.10 Formación de la Serra Llarga.....	200
<b>7.2 Prospecciones relacionadas con el yacimiento del abrigo de La Roureda y descripción de las muestras recuperadas.....</b>	<b>209</b>
7.2.1 Afloramiento de Mas del Pinar (secundario).....	210
7.2.2 Pista de la estrella - Mas del Quinyó (Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense).....	212
7.2.3 Sinclinal de Fortanete (Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno).....	214
7.2.4 La Font de la Salut (Conglomerados del Eoceno - Oligoceno).....	217
7.2.5 Río Guadalope (Formación cuaternaria de aluviones).....	219
7.2.6 Fondespatla (Carbonatos terciarios del Grupo Matarraña - Guadalope).....	221
7.2.7 Formación Chelva (Carbonatos del Jurásico).....	223
7.2.8 Formación Camarena (Formación del Lias inferior y medio).....	225

## **BLOQUE V: RESULTADOS**

### **8. PROCESO METODOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN ARQUEOPETROLÓGICA**

<b>8.1 Discriminación de las muestras relacionadas con el abrigo de l'Hort de la Boquera. Variedades de sílex determinadas.....</b>	<b>231</b>
8.1.1. Características texturales macroscópicas de cada tipo.....	231
8.1.1.1 La patinación de las muestras.....	234
8.1.1.2 Corticalidad de la industria lítica.....	239
8.1.2 Características texturales microscópicas de cada tipo.....	241

8.1.3 Interpretación de los resultados.....	245
8.1.4 Primeras conclusiones derivadas del análisis del sílex. Relación Variedad – Soporte/Tipología.....	246
8.1.4.1 Relación Variedad-Soporte.....	246
8.1.4.2 Relación Variedad-Tipo de útil.....	248
8.1.5 Origen y posibles áreas de captación de recursos: estudio comparativo entre las variedades de sílex discriminadas para las muestras arqueológicas y las variedades de sílex geológico.....	251
8.1.6 Conclusiones.....	258
<b>8.2 Discriminación de las muestras relacionadas con el abrigo de La Roureda. Variedades de sílex determinadas.....</b>	<b>261</b>
8.2.1 Características texturales macroscópicas de cada tipo.....	261
8.2.1.1 Análisis macroscópico de los núcleos y corticalidad de la industria lítica	267
8.2.2 Características texturales microscópicas de cada tipo.....	269
8.2.3 Interpretación de los resultados.....	274
8.2.3.1 Algas carofíceas: restos hallados y relevancia para el análisis.....	275
8.2.4 Primeras conclusiones derivadas del análisis del sílex. Relación Variedad – Soporte/Tipología.....	279
8.2.4.1 Relación Variedad-Soporte.....	280
8.2.4.2 Relación Variedad-Tipo de útil.....	282
8.2.5 Origen y posibles áreas de captación de recursos: estudio comparativo entre las variedades de sílex discriminadas para las muestras arqueológicas y las variedades de sílex geológico.....	285
8.2.6 Conclusiones.....	291
<b>8.3 Analíticas complementarias: resultados y valoración.....</b>	<b>295</b>
8.3.1 Análisis mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).....	296
8.3.1.1 Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera.....	296
8.3.1.2 Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera.....	301
8.3.1.3 Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda.....	320
8.3.1.4 Conclusiones.....	321

8.3.2 Análisis mediante Espectroscopía micro-Raman.....	322
8.3.2.1 Comparación analítica de las muestras arqueológicas sílex "Tipo 1" o "Sílex evaporítico" con las muestras geológicas del Complejo Ulldemolins y la Fm Montsant.....	324
8.3.2.2 Comparación analítica de las muestras arqueológicas sílex "Tipo 3" o "Sílex negro" con las muestras geológicas de las Fm La Serra Llarga y Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca.....	335
8.3.2.3 Conclusiones.....	338
8.3.3 Análisis mediante Difracción de Rayos X (DRX).....	340
8.3.3.1 El índice de cristalinidad.....	342
8.3.3.2 Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera.....	345
8.3.3.3 Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera.....	350
8.3.3.4 Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda.....	363
8.3.3.5 Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda.....	367
8.3.3.6 Conclusiones.....	372
8.3.4 Análisis mediante Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA).....	376
8.3.4.1 Metodología y proceso de análisis.....	379
8.3.4.2 Resultados.....	383
8.3.4.2.1 Muestras geológicas (Complejo Ulldemolins).....	387
8.3.4.2.2 Muestras arqueológicas (Tipo 1-1).....	388
8.3.4.2.3 Análisis comparativo entre muestras geológicas y muestras arqueológicas.....	388
8.3.4.2.4 Conclusiones generales sobre la aplicación del ICP-MS-LA.....	397
8.3.4.3 Evidencias geoquímicas en relación al proceso de patinación: primeras conclusiones.....	401

**BLOQUE VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES.  
PLANTEAMIENTO FUTURO**

<b>9.1 Discusión</b> .....	407
9.1.1 Valoración final de las técnicas principales y complementarias para la discriminación de tipo silíceos relacionados con el abrigo de l'Hort de La Boquera y el abrigo de la Roureda.....	408
9.1.2 Áreas de influencia y aprovisionamiento de materias primas líticas en el abrigo de L'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Tarragona). Conocimiento, uso y explotación del territorio relacionado con el abrigo de l'Hort de la Boquera.....	411
9.1.3 Áreas de influencia y aprovisionamiento de materias primas líticas en el abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló). Conocimiento, uso y explotación del territorio relacionado con el abrigo de La Roureda.....	419
9.1.4 Conclusiones finales.....	423
<b>9.2 Planteamiento futuro</b> .....	426

**VI SECTION: DISCUSSION AND GENERAL CONCLUSIONS. FUTURE LINES**

<b>9.1 Discussion</b> .....	429
9.1.1 Discriminating siliceous types of l'Hort de la Boquera and La Roureda rockshelters. Main and complementary techniques evaluation.....	430
9.1.2 Influence areas and lithic raw material procurement in L'Hort de la Boquera rockshelter (Margalef de Montsant, Tarragona). Knowlegde, use and exploitation of l'Hort de la Boquera territory.....	433
9.1.3 Influence areas and lithic raw material procurement in La Roureda rockshelter (Vilafranca, Els Ports, Castelló). Knowlegde, use and exploitation of La Roureda rockshelter territory.....	439
9.1.4 Final Conclusions.....	443
<b>9.2 Future lines</b> .....	445

<b>10. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>449</b>
------------------------------	------------

<b>11. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICAS.....</b>	<b>477</b>
------------------------------------------------------	------------

**12. ANEXO (CD)**

**- Carpeta Técnicas complementarias (Difracción Rayos X, Microscopio Electrónico, Espectroscopía Micro-Raman, ICP-MS-LA)**

**- Carpeta Fichas Descriptivas**

**- Carpeta Fotos Extra Microscopía Óptica**

## BLOQUE I: PLANTEAMIENTOS GENERALES

### 1. INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Inicios y desarrollo de este proyecto: ¿cuándo, cómo, por qué?

Hace más de 10 años, en el 2005, decidí reorientar mi vida cambiando de carrera, de Geología a Historia. Aunque muchas de las asignaturas de Geología me apasionaban, siempre me había fascinado la idea de poder estudiar algún día Arqueología y más particularmente el período de la Prehistoria.

En 2009, ya en el último curso de la Licenciatura de Historia, mi compañera Azucena Casado me habló de la existencia de la litoteca de materias primas Lithic UB ([www.lithicub.net](http://www.lithicub.net)), creada y dirigida por el Dr. Xavier Mangado Llach.

Ese fue el momento exacto donde presentí que mis dos pasiones - las "piedras" y la Arqueología - podían combinarse para adentrarme en el mundo de la para mí hasta entonces desconocida, Arqueopetrología.

Al curso siguiente, y empezando a cursar el Máster en Arqueología (UB), el Dr. Mangado Llach me dio la oportunidad de formar parte de su equipo y me incluyó en su proyecto en el Plan de Intensificación de la Investigación (PGIR 08/09) titulado "*Els recursos lítics de les societats caçadores-recol·lectores del Paleolític superior al llevant mediterrani entre el 20.000 i el 10.000 BP. Caracterització geològica i difusió de les indústries lítiques*". Simultáneamente, el Dr. Josep Maria Fullola i Pericot me abrió las puertas para formar parte del SERP (Seminari d'Estudis i Recerques Prehistòriques).

El Dr. Mangado Llach me instruyó y formó en los conceptos y bases de esta disciplina y gracias también a la confianza del Dr. Christophe Delage (Museo de Historia Natural, Departamento de Arqueología, París) tuve la gran oportunidad de poner en práctica todo lo que aprendí. Fue este último quien me cedió las muestras de la litoteca de la Charente para su estudio arqueopetroológico y el resultado se materializó en forma de trabajo de Fin de Máster titulado "Aproximación al estudio arqueopetroológico de la litoteca de la cuenca de la Charente (Francia)" que defendí en la Universitat de Barcelona en junio de 2011.

Un año más tarde, en diciembre de 2012, la concesión de una beca FPI (Formación al Personal Investigador) del Ministerio de Economía y Competitividad, consolidó mi orientación hacia la investigación en el campo de la Arqueopetrología cuyo fruto es precisamente la presente tesis.

A parte de las personas que me alentaron en un primer momento, el Dr. Mangado Llach y el Dr. Fullola i Pericot, el presente trabajo no hubiera sido posible sin la decisión por parte de los Dres. Pilar García-Argüelles y Dídac Román de cederme la colección de muestras que han sido objeto de estudio y que proceden de algunas de las excavaciones que dirigen respectivamente. Esta gran colección silíceo aportada ha sido el esqueleto básico de la investigación y objeto fundamental de estudio.

Algunos de los eventos importantes vividos durante mi período investigador han sido las reuniones de las jornadas de *PrehistoPyr* (CTP-2010) y de *PalMesoPyr* (CTP2012). las cuales fueron una primera oportunidad para exponer en público parte del contenido de mi investigación y conocer a la vez a otros colegas con investigaciones similares.

A medida que avanzaba el estado de la tesis he podido disfrutar hasta en tres ocasiones de las llamadas "Estancias Breves" tanto nacionales como internacionales, que el Ministerio de Economía y Competitividad concede anualmente.

La primera, se desarrolló en la último trimestre del año 2014 y tuvo lugar en el Departamento de Geología del Museo Nacional de Ciencias Naturales (Madrid) bajo la tutela de la Dra. en Geología Mari Ángeles Bustillo Revuelta. Su objeto fue la formación en distintas técnicas analíticas como la Microscopía Electrónica, la Espectroscopía micro-Raman y la Difracción de Rayos X. En la estancia los resultados obtenidos fueron la caracterización a fondo, mediante dichas técnicas, básicamente de las muestras procedentes del abrigo de l'Hort de la Boquera, mucho más homogéneas y por tanto difíciles de discriminar que las muestras del abrigo de La Roureda.

En el desarrollo de la investigación fueron surgiendo algunas complejidades en el análisis de muestras, dándonos cuenta que algunas de ellas requerían de la aplicación de otros tipos de técnicas.

Al año siguiente, en el último trimestre de 2015, tuve la oportunidad de realizar la estancia en la Universidad de Lund (Suecia), más particularmente en el Laboratorio de Geocronología del departamento de Geología. Su principal propósito fue el de formarme en una técnica geoquímica bastante novedosa, la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA), y así poder aplicarla a un set de muestras homogéneo, relacionado con el abrigo de l'Hort de la Boquera, que necesitaba ser discriminado. Esta estancia fue tutelada por el Dr. Anders Scherstén en el ámbito de Geología y por la Dra. Deborah Olausson en el ámbito de Arqueología. En la estancia además tuve la ocasión de conocer qué metodología están aplicando en el norte de Europa en materia de análisis de procedencia y origen de materias primas líticas.

Por último, al año siguiente y durante dos meses, me desplazé hasta Budapest para disfrutar de la última estancia breve. Allí, de la mano de la Dra. en Arqueología Katalin Biró, comprendí el funcionamiento de la litoteca de materias primas líticas más grande de Europa situada dentro del Museo Nacional de Hungría.

Además, en estos 4 años he podido participar en varios congresos exponiendo algunos pósters y presentando varias comunicaciones; mencionados por orden cronológico: "Stories written in Stone", celebrado en Iași (Rumanía) en agosto de 2013, "European Association of Archaeologists 2014 Annual Meeting" celebrado en Istanbul (Turquía) en septiembre de 2014, "Raw materials exploitation in Prehistory: sourcing, processing and distribution" celebrado en Faro (Portugal) y por último el reciente "European Association of Archaeologists 2016 Annual Meeting" celebrado el pasado septiembre (2016) en Vilnius (Lituania). En estos *meetings* he podido cumplir dos objetivos: por un lado conocer a gente con las mismos intereses que yo y por otro, poder dar a conocer mi líneas de investigación e intereses.

El conjunto íntegro de analíticas y técnicas realizadas para el estudio de las muestras, así como la asistencia a congresos y salidas de campo han sido subvencionados gracias a los proyectos HAR2014-55131 "Del Pleistoceno superior al Holoceno inicial en el NE peninsular: socio-economía y paleopaisaje" y HAR2011-26193 "Paleolítico Superior y Epipaleolítico en el NE peninsular: una aproximación socio-económica, cultural y medioambiental".

## **1. 2 Objetivos de la investigación**

En la presente tesis nos centramos en el estudio de procedencia de las materias primas líticas de dos yacimientos distintos, el abrigo de la Roureda (Villafranca, Els Ports, Castelló) culturalmente adscrito al Paleolítico superior final, más concretamente el Epimagdaleniese y el abrigo de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona) adscrito al Epipaleolítico.

Nos referimos a dos yacimientos de muy diferentes características, por un lado, el abrigo de l'Hort de la Boquera que cuenta con unos trabajos de excavación de más de tres décadas de historia y un estudio previo de análisis de materias primas y por otro lado, el abrigo de la Roureda, que de momento cuenta con una sola campaña de excavación realizada y ningún análisis previo de sus materias primas.

Sin más dilación se van a exponer los objetivos detallados de la investigación. Una tesis que tenga por objeto la determinación arqueopetroológica de materiales líticos debería hacer hincapié en un conjunto de conceptos relacionados con la misma naturaleza de la materia prima lítica, en este caso, el sílex, así como también sobre en qué herramientas se va a servir para la consecución de dicha determinación. Es por ello que los dos primeros objetivos van a ser:

- 1) **Conocer a fondo la geología del sílex**, es decir, su composición, incluyendo todo tipo de elementos, así como sus características y peculiaridades y
- 2) **Conocer a fondo las herramientas y las técnicas analíticas que la Arqueopetroología posee actualmente**, conociendo qué aplicaciones y de qué manera pueden ser útiles en la discriminación de variedades de sílex. También se realizará una **valoración** de las mismas.

Estos dos primeros objetivos son piezas fundamentales para poder alcanzar los siguientes propósitos:

- 3) **Caracterizar arqueopetroológicamente el conjunto total de materias primas líticas** (la totalidad de elementos líticos silíceos) recuperados en los dos yacimientos, o lo que es lo mismo, **establecer las particularidades** petrográficas, texturales, micropaleontológicas, mineralógicas (mediante la macroscopía, la microscopía óptica, la Microscopía Electrónica de Barrido, la Espectroscopía micro-Raman y la Difracción de Rayos X) y cuando sea posible, geoquímicas (mediante la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser) de las muestras silíceas analizadas. Más adelante se explicará el porqué de la aplicación diferencial de dichas técnicas a los dos yacimientos, adecuándose a las necesidades metodológicas de cada uno. Otro aspecto a destacar es que se intentará demostrar que el **fenómeno de patinación** de las muestras es un proceso que puede **alterar de manera significativa los resultados** de algunas técnicas.
- 4) En base a dicha caracterización arqueopetroológica, se **distinguirá y agrupará** las muestras en ciertas **variedades o tipos de sílex**.

Esto a su vez, ayudará en la tarea de:

- 5) **Realizar un análisis territorial para alcanzar a conocer la potencialidad del entorno mediante el trabajo de campo:** localizando y caracterizando geológica y geográficamente los afloramientos primarios y/o secundarios de material silíceo susceptible de haber sido utilizado por las comunidades de l'Hort de la Boquera y de La Roureda. Se **catalogarán** y **caracterizarán** las muestras silíceas recuperadas estableciendo sus particularidades petrográficas, texturales, micropaleontológicas, mineralógicas y cuando sea posible, geoquímicas.

Una vez conseguido ésto, se van a seguir una serie de pautas metodológicas, empezando por

- 6) **Comparar arqueopetrologicamente las variedades de muestras arqueológicas y geológicas** para poder **deducir la proveniencia** de las materias primas líticas. Gracias a este paso podremos conocer cuál fue el territorio explotado o frecuentado por las comunidades de los abrigos y qué estrategias de abastecimiento llevaron a cabo. Se **realizarán mapas de afloramientos** susceptibles de haber sido explotados por ambas comunidades.

Una vez cumplidos estos propósitos se va a poder analizar desde una perspectiva cultural el significado de los resultados y se va a:

- 7) **Observar si existe algún tipo de uso diferencial** intencionado o algún tipo de criterio para la talla selectiva de artefactos líticos **en relación a la variedad silícea, intentando descubrir si existen pautas** de este tipo en la manufactura de la industria lítica de los dos yacimientos.
- 8) **Interpretar qué grado de conocimiento** del entorno poseían dichas comunidades e intentar discernir qué radio de movilidad consideraban útil. **Deducir si podría haber intercambio** de materias primas líticas con otras comunidades y por consiguiente, algún grado de interacción social. Poder contextualizar estos resultados será de gran ayuda para entender ciertos comportamientos de dichas comunidades.

Un último objetivo generalista y a modo de conclusión será el de

- 9) **Demostrar que la aplicación multidisciplinaria** de técnicas analíticas es básica y forma una base sólida de conocimientos primordiales para la posterior aplicación arqueopetroológica y así poder **aproximarnos a entender un poco más el comportamiento humano prehistórico** de ciertas comunidades de cazadores-recolectores.

### **1. 3 Estructura de la tesis**

La presente tesis consta de 6 bloques divididos en 9 capítulos. El primer bloque está constituido por el presente capítulo introductorio, básicamente dedicado a la explicación de los objetivos de la investigación así como a su estructura.

El segundo bloque engloba un total de dos capítulos, el primero " Los conceptos de territorio y movilidad en Prehistoria. herramientas de estudio: del sílex como materia prima a la Arqueopetroología" explicamos el inicio y la trayectoria de esta disciplina de estudio de materias primas líticas, - la Arqueopetroología- y como se relaciona directamente con la obtención de respuestas a preguntas sobre movilidad y comportamiento humano en la Prehistoria. El segundo capítulo, titulado "La naturaleza del sílex" está dedicado a la descripción de las características principales de nuestra materia de estudio básica: el sílex.

El tercer bloque, que engloba un total de tres capítulos, está orientado a encuadrar el escenario de estudio, por un lado en su contexto geológico, con el capítulo "Estudio geológico de las zonas" y por otro, su contexto arqueológico, con los capítulos "El abrigo de l'Hort de la Boquera" y "El abrigo de La Roureda". Estos dos capítulos pretenden preparar al lector situándolo en el marco de estudio prehistórico.

Uno de los bloques que más peso tiene en la presente tesis es el *Bloque IV*, dedicado a la metodología aplicada en la investigación; está dividido en dos capítulos en los que se desarrolla en primer lugar el trabajo de laboratorio, explicado en el capítulo titulado "Metodología técnica aplicada", y en segundo lugar el trabajo de campo, explicado en el capítulo: "Investigando el territorio: prospecciones sobre el terreno". En el primer capítulo se realizará una explicación del compendio de técnicas empleadas en el proceso de estudio de las muestras silíceas. Se realizará una valoración detallada de cada técnica y se argumentará su utilidad en nuestro ámbito de estudio. Este capítulo se divide en función de los tipos de técnica usados: técnicas

mineralógicas (incluyendo macroscopía, microscopía -petrográfica, electrónica-, Espectroscopía micro-Raman y Difracción de Rayos X) y técnicas geoquímicas (Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser). En el segundo capítulo se ahondará en las prospecciones realizadas y se mostrarán y explicarán las características del conjunto de afloramientos visitados así como el material silíceo recuperado.

Otro de los bloques sustanciales es el *Bloque V*, dedicado a los resultados obtenidos de la metodología aplicada, por una parte, se darán a conocer los resultados de la aplicación de las diferentes técnicas a las muestras de estudio y qué variedades de sílex se han discriminado, y por otra parte, se hablará sobre los posibles orígenes de captación de dichas variedades diferenciadas. Veremos otros aspectos como el uso diferencial de variedades para la talla selectiva de artefactos líticos.

A modo de colofón, el *Bloque VI*, titulado "Discusión y conclusiones finales. Planteamiento futuro", está dedicado a las conclusiones derivadas de todo el conjunto de la investigación, donde se tendrá en cuenta la conjunción de resultados obtenidos así como se realizará una valoración de las técnicas aplicadas a cada conjunto de muestras. Será también un espacio dedicado a la generación de debate en relación al grado de movilidad y a los posibles modelos de aprovisionamiento de materias primas líticas que practicaron los grupos humanos de sendos abrigos.

Ahondaremos además en las ideas que habría que llevar a cabo en un futuro para que la investigación pudiera tener una continuidad, además de haber construido una autocrítica general del desarrollo y resultados de la misma investigación.



## **BLOQUE II: LA ARQUEOPETROLOGÍA Y LA PREHISTORIA: EL SÍLEX Y SU ESTUDIO.**

### **2. LOS CONCEPTOS DE TERRITORIO Y MOVILIDAD EN PREHISTORIA. HERRAMIENTAS DE ESTUDIO: DEL SÍLEX COMO MATERIA PRIMA A LA ARQUEOPETROLOGÍA**

#### **2.1 Territorio y movilidad**

Las comunidades prehistóricas explotaban ciertos recursos que actualmente son una realidad tangible arqueológicamente. Conocer la relación de dichas comunidades con los espacios geográficos es primordial en Prehistoria, pues en ellos se arraigan fenómenos económicos y culturales de orden material y simbólico. Así pues, los comportamientos de adquisición de dichos recursos presiden de manera directa y activa la percepción de los paisajes y su integración en el cotidiano de los pobladores de la época y su grado de movilidad (Mangado 2004). Los recursos son los elementos geográficos reconocidos culturalmente por su valor en la reproducción económica, social y simbólica de la comunidad, siendo para nosotros una realidad palpable arqueológicamente.

El término territorio en Prehistoria se podría definir como aquel espacio geográfico modificado por variables de orden antrópico, o lo que es lo mismo, como la construcción humana de un espacio (Mangado 2004). Este espacio, interpretado de acuerdo a una cultura e ideología propias de una comunidad (Carrillo 2011), se convierte en un concepto dinámico y en constante transformación. La relación de las comunidades humanas con los espacios geográficos es primordial, pues en ellos se arraigan dichos fenómenos económicos y culturales de orden material y simbólico (Mangado 2005; Mangado *et al.* 2011).

El tiempo y el espacio son los dos factores esenciales que hacen que los grupos humanos exploren los territorios y sus recursos según unas variables culturales. La definición de la territorialidad de las comunidades es un aspecto clave que variará en función de la predictibilidad y la abundancia de medios de subsistencia (Mangado 2005).

Además, según Geneste (2004), el concepto de territorio es considerado como lugar de interacción social por lo que su conocimiento traspasa su mera dimensión física para englobar

también todas las actividades que en él se desarrollan, pudiendo tratarse de un espacio no uniforme y desigualmente explotado.

Otros autores como Dumais *et al.* (1987) afirman que "desde que un grupo humano se apropia y utiliza un espacio, éste toma cuerpo y adquiere un sentido antropológico que deriva de las representaciones mentales de las sociedades que lo habitan y más específicamente del tejido de actividades de producción, creencias y deseos que en él se desarrollan". Cada grupo humano inflúa en el entorno teniendo además una percepción particular del mismo y la elección del espacio y su explotación podían venir regidas por las normas sociales y no solo exclusivamente por las condiciones ambientales (Carrillo 2011) así pues los territorios son entidades vivas, dinámicas y cambiantes al ritmo que marca la sociedad que los explota.

Terradas (2001) enfatiza además con la idea de que el proceso principal por el cual un espacio geográfico se transforma en un territorio es el del reconocimiento, por parte de las sociedades o pobladores, de la existencia de recursos, entendidos como aquellos elementos del espacio geográfico valiosos culturalmente para la comunidad, pudiendo ser estos bióticos o abióticos.

A pesar de la subjetividad en relación al concepto de territorio, es posible hallar algún ejemplo de representación territorial del período. En la cueva de Abauntz, localizada en Navarra (Utrilla *et al.* 2004) se han interpretado unos trazos grabados sobre un bloque, así como algunos animales, como una "especie de mapa" (fig. 1), dando así algunas pistas sobre el aspecto paisajístico del entorno de la cueva en el Magdalenense final. No olvidemos además que es bien conocido que algunas representaciones del Arte Levantino también muestran señales inequívocas de la percepción del territorio por parte de sus autores (Mangado, 2006b).

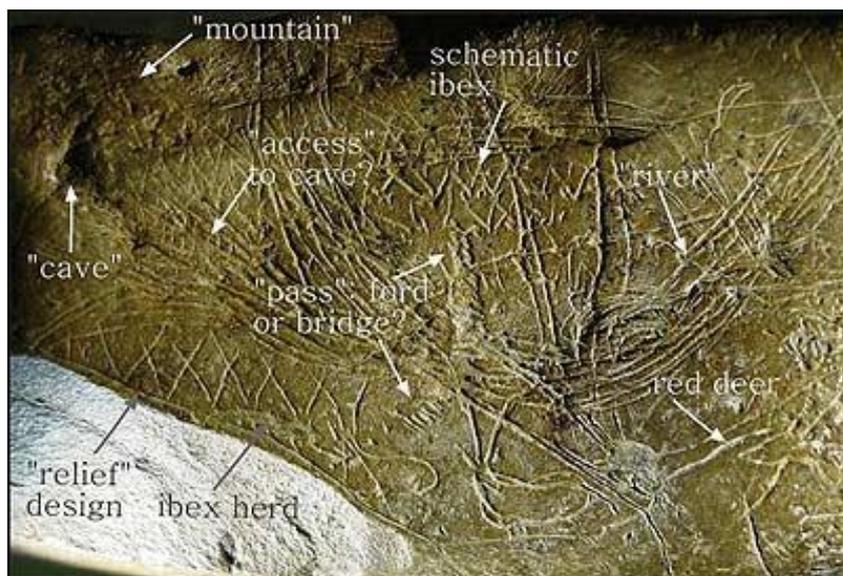


Fig. 1. Bloque de Abauntz. Fuente: [www.quhist.com](http://www.quhist.com). Visitada el 12/02/16.

Una aproximación dinámica de carácter espacio temporal del funcionamiento de las sociedades de cazadores-recolectores y sus territorios es posible gracias al análisis y caracterización de dos de las producciones de dichas poblaciones: el utillaje lítico y la arqueomalacología. Si bien su hallazgo en el registro arqueológico es bien desigual - la malacología tiene un grado de preservación mucho menor que el utillaje lítico- los dos actúan como dichos marcadores (Mangado 2006b), pudiendo considerarse como ámbitos privilegiados de estudio para acceder a las distintas territorialidades de grupos humanos (Fullola *et al.* 2006).

Sin olvidar otros materiales que también fueron objeto de recolección, los cuales poseen una fuerte adscripción geográfica como algunos moluscos marinos, el ámbar o el marfil (Ortega 2002), podemos afirmar que en el estado actual de conocimientos, las materias primas líticas, como productos abióticos, y su estudio sobre procedencia, son a día de hoy las que mayor información nos aportan sobre la movilidad de los grupos humanos.

Así pues, es la caracterización petrográfica de los materiales silíceos la que contribuye a analizar la conducta de los grupos humanos desde tres perspectivas diferentes; a nivel espacial, su análisis nos ayudará a establecer patrones de movilidad de poblaciones e intercambio de productos en uno o diversos territorios; a nivel tecnológico podremos identificar la adecuación entre los procesos técnicos de manufactura y la materia prima seleccionada; y a nivel de organización social será posible averiguar el desarrollo de estrategias en la adquisición y selección de los recursos líticos (Parcerisas 2006).

Uno de los principales problemas en el análisis de explotación territorial por parte de una comunidad reside en la interpretación espacio temporal de sus patrones de movilidad (Mangado 2006b). La teoría expuesta por Higgs *et al.* 1979 de los *site catchment analysis* consiste en la descripción de la existencia de tres ámbitos o radios en base a la distancia recorrida para la explotación del territorio, siendo local cuando se produce en un radio de hasta 5 km, regional cuando se produce en un radio que comprende de 5 a 20 km y extraregional cuando la captación se produce a más de 20 km del asentamiento. Según Mangado (2006b) esta teoría debe tomarse con cautela porque no se ajusta a las necesidades de las sociedades cazadoras recolectoras sino a las plenamente agrícolas además de no contar con otros factores como la realidad orográfica.

Según diferentes estudios teórico-metodológicos, tanto clásicos -arqueológicos- como etnoarqueológicos, que hablan sobre el análisis de estrategias de abastecimiento de materias líticas y movilidad (Binford 1982, Turq 1989, Geneste 1992, Féblot-Augustins 1999) se insiste en que la mayor parte del material recuperado en un yacimiento arqueológico procede de una distancia no más lejana de los 20 km y además, entre el 70 y el 90% de material lítico recuperado procede de la misma zona, o sea, entre 0 y 5 km (Gómez, 2007). Tal y como veremos más adelante, en las conclusiones derivadas de nuestro propio análisis territorial, algunas de estas cifras cobran sentido.

### 2.1.1 Áreas de captación de materias primas y sistemas de aprovisionamiento: estrategias de abastecimiento

Incidendo en la idea del territorio como entidad dinámica, Binford (1980) propone dos modelos excluyentes de movilidad territorial basados en los estudios etnoarqueológicos de los esquimales Nunamiut, el modelo *Collector* y modelo *Forager*.

El modelo *Collector* describe unas sociedades asentadas en campamentos estacionales y con tareas bien definidas asignadas entre los miembros del grupo. Sus características principales son la existencia de grupos logísticamente organizados para el abastecimiento de comida y el almacenaje de parte de esa comida total para un período de cierta duración.

El modelo *Forager* se caracteriza por unas sociedades asentadas en unas bases residenciales estacionales cercanas a una serie de recursos (agua, materias primas, etc.) donde durante el día se ausentan y se mueven por el territorio para recolectar comida retornando al campamento al

anochecer. Casi nunca almacenan comida y el número de *foragers* del grupo móvil puede ir variando en un ciclo anual.

Las comunidades prehistóricas utilizan dos tipos principales de abastecimiento de materias primas. Estos son, por un lado, la explotación directa del territorio y por otro lado, el aprovisionamiento indirecto, o intercambio con otras poblaciones (Ramos-Millán 1984).

La explotación directa del medio fue la estrategia más común llevada a cabo por las poblaciones se basa en un conocimiento exhaustivo del medio y de la naturaleza de los materiales que se encuentran en él. Los medios llevados a cabo incluyen la búsqueda de recursos en superficie, la minería del subsuelo y la extracción en canteras para hallar la materia prima más adecuada para cada propósito (Carrión *et al.* 2006).

El segundo sistema de aprovisionamiento de materias primas es mediante el intercambio, entendido como la obtención de suministros mediante procesos de interacción social entre comunidades, suponiendo el contacto directo entre poblaciones. Estudios como Aubry *et al.* (2012) aducen los intercambios de materias primas exóticas en el Valle del Côa - donde el área fuente fue hallada a casi 200 km del asentamiento estudiado- a una red muy extensa de contactos sociales.

¿Pero por qué una comunidad busca ese intercambio de materias?

Una posible razón para esa demanda por parte de una comunidad podría ser la falta de dichos recursos y la necesidad, lo cual estimularía la explotación de ese recurso. Aquí entra en juego la idea de “disponibilidad”. La disponibilidad de recursos abióticos es un concepto que abarca multiplicidad de factores: la estructura regional existente, la existencia de rocas aptas para sus propósitos, la distancia del asentamiento a los afloramientos, la manera en que se presentan las materias primas en el paisaje (afloramiento primario o secundario), la organización del grupo humano o su grado de movilidad, etc. (Guráieb *et al.*, 2006). Sólo una labor de prospección intensiva, el análisis de la bibliografía geológica especializada y los estudios de procedencia podrían dotar de respuestas a algunas de estas incógnitas (Carrión *et al.* 2006).

Fullola *et al.* (2007) propone que, desde un punto de vista sincrónico, el análisis de la organización de la producción lítica nos ayudará en la comprensión de los comportamientos del aprovisionamiento directo y desde un punto de vista diacrónico, a través de los cambios

comportamentales, así como de los paisagísticos se discernirán fenómenos de ruptura o continuidad.

De este modo, los procesos dinámicos acaecidos en el territorio, de naturaleza económica y social -en términos de tecnología, aprovisionamiento directo y/o intercambio- son los que caracterizan las relaciones entre sociedades prehistóricas así como su relación con el entorno (Geneste 2004, Fullola *et al.* 2007).

### 2.1.2. La explotación de las materias primas líticas en la Prehistoria: el caso del sílex

El utillaje lítico es el elemento básico para este estudio y las materias primas líticas con las que ha sido manufacturado están consideradas como un marcador espacio-temporal. Su conservación a lo largo del tiempo, su análisis litológico y su contextualización geográfica nos permitirá hablar de territorios, entendidos como aquellos espacios explotados económicamente e influenciados por las interacciones sociales de las distintas comunidades (Mangado 2006b).

La Arqueopetrología permite conocer mejor los mecanismos de captación y aprovechamiento de materias primas líticas y por ende, conocer algunos modos de desplazamientos de grupos humanos, caracterizando desde un punto de vista paleocultural la actividad humana.

Tal y como veremos más adelante en el siguiente capítulo, "La naturaleza del sílex", este posee unas características particulares que le han conferido una gran importancia a lo largo de la Prehistoria. Miles de generaciones de las comunidades paleolíticas y neolíticas alrededor del mundo han aprovechado un tipo de material lítico en particular, el sílex, por sus características como la dureza, la fractura concoide, etc. que éste les proporcionaba. Estos grupos humanos realizaron una valoración de dichas características para la manufactura y talla de su propia industria lítica compuesta por multiplicidad de útiles líticos, mejorando así su calidad de vida en aspectos básicos que repercutieron indirectamente en su nutrición, vestimenta o aprovechamiento de otros recursos bióticos disponibles de su entorno. Sin embargo, no hay que olvidar que aunque este fuera un recurso de gran valor, no fue el único. En la Prehistoria fueron explotados otros tipos de materia prima lítica, como las cuarcitas, los cuarzos, las obsidias o incluso algunas calizas (García-Argüelles *et al.* 2009; García-Argüelles *et al.* 2014a), siendo el desarrollo tecnológico uno de los detonantes para que se eligiera uno u otro recurso lítico (Carrión *et al.* 2006).

Volviendo al sílex y en relación a la fuente de donde puede extraerse, debemos ser conscientes de que el tipo y el modo de afloramiento son elementos fundamentales para la explotación de los mismos (Mangado 2006b), distinguiendo entre afloramiento primario y secundario.

En el primer caso, se define como afloramiento primario aquella parte de una formación geológica cuyo material se ha originado *in situ*, que aparece en la superficie terrestre y que es directamente accesible a la observación, explotación, etc. En el segundo caso, el afloramiento secundario es aquél en el cual el material ha sufrido un desplazamiento y por ende, habiendo sido transportado, no se corresponde con su posición original. Igual que el primario, este también aparece en la superficie terrestre y es susceptible de explotación directa (Riba 1997, Mangado 2004).

Sabemos que los depósitos secundarios tienen unas características que les dotan de una mayor probabilidad de ser explotados directamente, como por ejemplo su fácil accesibilidad y extracción, ya que se encuentran normalmente situados en depósitos de vertiente, terrazas, playas o los mismos lechos de río (Mangado 2006b) conociéndose diversos ejemplos de dicha explotación en la Prehistoria ibérica (Fullola y García-Argüelles 1980, Peña *et al.* 2005, Montes *et al.* 2016).

Aunque se trate de un trabajo muy exigente, esta primera determinación de las fuentes de materias primas líticas es considerada como el primer paso para el estudio de la Cadena Operativa Lítica (Geneste 1992, Román 2003) y existen multiplicidad de variables a tener en cuenta para un análisis en profundidad.

Otra condición importante que puede ser atribuida al material lítico en un yacimiento es la categoría de autóctono o alóctono (Aubry *et al.* 2008), aunque se deberá tener en cuenta que dicha categoría podría variar según el período de ocupación del mismo (Mangado 2002b).

## **2. 2 La Arqueopetrología: Definición y planteamiento de la disciplina. Herramientas**

Este término de acuñación relativamente reciente se refiere a la ciencia que estudia los útiles líticos desde un prisma petrológico, o lo que es lo mismo, la disciplina que estudia la materia prima prehistórica como elemento geológico y por ende, que utiliza en su análisis técnicas de observación usadas por la Geología como la petrografía, la micropaleontología y la mineralogía (Fernandes *et al.* 2006) y cuyas conclusiones tienen fines arqueológicos.

Antes de los años 80 del siglo pasado los estudios sobre industria lítica prehistórica se reducían, generalmente, a la clasificación de tipos, o lo que es lo mismo, se estudiaba solamente la tipología, dejando de lado otros aspectos que en numerosas ocasiones ni siquiera se tenían en cuenta. Por suerte esta tendencia ha cambiado enriqueciéndose la investigación gracias a la aparición de nuevos planteamientos. El objetivo actual es llegar a entender la “Cadena Operativa Lítica”. La cadena operativa<sup>1</sup> es un término que designa los procesos por los cuales se seleccionan, manipulan y transforman materias primas naturales hasta convertirlas en productos culturales de utilidad determinada. El análisis de las huellas en el registro material y los residuos que de ella se derivan hace posible la reconstrucción de la secuencia de procesos materiales efectuados y la relación dinámica existente entre ellos (Renfrew y Bahn 2008).

Recientemente se está desarrollando una vía intermedia, no propia de geólogos ni de arqueólogos, para el estudio de la obtención y caracterización de materias primas. Los arqueopetrologos son los encargados de poder llevar a cabo esta nueva línea de investigación; se trata de prehistoriadores expertos en el estudio de las materias primas, con formación académica en los campos de las distintas petrologías, la paleontología y la micropaleontología y familiarizados con el método científico y los estudios analíticos – sobre todo mineralógicos y geoquímicos - relacionados con su especialización en materias primas. El paso a la inversa también puede verse representado por geólogos con inquietudes arqueológicas que irían más allá de su disciplina y pondrían sus conocimientos al servicio de la Prehistoria.

## 2. 2.1 Breve historia del estudio del sílex como materia prima en la Prehistoria

El sílex fue una de las materias primas más importante de la Prehistoria y es por ello que los investigadores han dedicado tiempo y esfuerzo en investigar el porqué de este hecho.

El sílex es un material con unas particularidades físicas y mecánicas que facilitan el hallazgo de sus restos en los lugares donde se han producido los procesos de utilización del recurso. Estos a su vez, permiten estudiar y reconstruir las dinámicas medioambientales pasadas, tanto naturales, como sociales, a cualquier investigador interesado en procesos de producción.

---

<sup>1</sup> Traducido del término francés *Chaîne Opératoire* (Renfrew y Bahn 2008).

El interés por el origen de las materias primas minerales se inició a finales del siglo XIX (Bleicher 1891, en Masson 1981) pero no fue hasta mediados del pasado siglo XX que aparecieron los primeros grandes estudios relacionados con la identificación y procedencia del sílex (Mangado 2002a). Estos estudios, aunque caracterizaban arqueopetrologicamente dichos materiales, carecían de un corpus metodológico propio, y por lo tanto, los arqueólogos estudiosos de la procedencia, circulación y captación de materias primas no habían definido una metodología propia de trabajo. Las primeras tesis que se pueden definir como arqueopetrologicas, o sea, de caracterización de materiales pétreos, vieron la luz en Alemania durante las primeras décadas del siglo XX (Masson 1979), así como los primeros artículos sobre la aplicación de la micropaleontología al estudio científico del sílex, mediante la identificación de microfósiles planctónicos conservados en sílex marinos (Mangado 2002a).

La Segunda Guerra Mundial provocó un inmovilismo total en la investigación y no fue hasta las décadas de los años 1950 y 1960 en que se asentaron definitivamente la petrografía y la micropaleontología como métodos fundamentales para la caracterización de materias sedimentarias silíceas arqueológicas (Mangado 2002a).

Fue en ese momento en el que las litotecas regionales empezaron a crearse como entidades de referencia de materiales líticos susceptibles de haber sido explotados por las comunidades prehistóricas. El reconocimiento exacto de las litologías explotadas para la creación de utillaje lítico fue fundamental, implicando la adopción, por parte de los prehistoriadores, de métodos y técnicas hasta ahora inusuales en dicha especialidad (Mangado, 2006b). Por lo tanto, impulsar el desarrollo de litotecas regionales de referencia se ha convertido actualmente en un agente primordial dentro de la investigación (Terradas 2004, Biró 2011, Terradas *et al.* 2012, Rey *et al.* 2010, Sánchez *et al.* 2014). Finalmente, la década de los 70 supondrá un despegue de las aplicaciones de otras técnicas más complejas, relacionadas con las características físicas y químicas de los materiales silíceos (Mangado 2002a). A partir de esta década y a raíz de los resultados del proyecto norteamericano *Deep Sea Drilling Project*, que muestreaba los sedimentos del fondo oceánico, se modificaron las bases tradicionales que se tenían acerca de la formación del sílex y se demostraron los procesos diagenéticos que le dan lugar (Mangado 2002a). Es a partir de ese momento cuando se empiezan a organizar los primeros congresos internacionales relacionados con el sílex como materia prima; el primero en celebrarse tuvo lugar en Maastrich (Holanda) en el año 1971.

### 2.2.2. Evolución internacional y nacional de la Arqueopetrología

A pesar de que el interés por el origen de las materias primas minerales documentadas en los yacimientos arqueológicos es tan antiguo como la propia disciplina arqueológica, las primeras tesis arqueopetroológicas con una metodología científica centrada en el estudio de caracterización petrográfica de los restos en sí no fueron editadas hasta las primeras décadas del siglo XX (Mangado 2002a). El análisis micropaleontológico de los útiles de sílex apareció también en estas décadas y las dos disciplinas, tanto la petrografía como la micropaleontología, se asentaron como métodos fundamentales para la caracterización de materiales sedimentarios silíceos arqueológicos en la década de los '60.

El desarrollo de la investigación arqueopetroológica en la Península fue hasta fecha reciente anecdótico; hasta hace bien poco tiempo esta tarea era llevada a cabo principalmente por los mismos excavadores de los yacimientos, convirtiéndose en una tarea totalmente descontextualizada del entorno geográfico y revestida de una subjetividad innegable y, por lo tanto, con unos resultados meramente clasificatorios de material sin interpretación posterior alguna (Mangado 2002a). Una década más tarde la tendencia fue la de la colaboración entre disciplinas, la Arqueología y la Geología, pero sin tener en cuenta que los objetivos que se perseguían no eran los mismos y que no se poseía un lenguaje común, dando lugar a resultados dispares de difícil interpretación. A partir de los años 80 comienzan a aparecer los primeros análisis petrográficos sobre la procedencia del sílex y de las cuarcitas prehistóricas en la Península Ibérica, entre los cuales se puede citar los estudios de Ramos Millán (1984-1986) y Doce (1988).

Actualmente, uno de los ámbitos de estudio más importantes sobre material lítico es precisamente el que concierne a la obtención de materias primas (Mangado 2005) y es por ello que esta nueva disciplina, la Arqueopetrología, se ha convertido en algo totalmente necesario para responder cuestiones de interés arqueológico, ya que gracias a ella se pueden llegar a averiguar datos geográficos y por lo tanto, territoriales, de los materiales estudiados con dichas técnicas. A dos décadas de finalizar el siglo XX, proliferó la realización de este tipo de estudios y se pueden mencionar las tesis y tesinas de Wilson (1986), Doce (1988), Terradas (1993; 1995), Mangado (1998, 2002), Morant (1998), Casas (2000), Grégoire (2000) y Ortega (2000) (Terradas *et al.* 2006).

A partir de la Red Temática *Estudio de la disponibilidad de rocas silíceas para la producción de instrumental lítico en la Prehistoria* iniciada en 2003 por un grupo de investigadores procedentes de diversas instituciones científicas (Terradas *et al.* 2006) y financiada por la Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació de la Generalitat de Catalunya, se reiteró en la idea de llegar a un consenso en la metodología aplicada así como de uniformar algunos conceptos básicos para la investigación y se incidió en la idea de la importancia de la creación de litotecas de referencia, entre otros (Terradas *et al.* 2006).

A partir de la primera década del 2000 la situación se tornó prometedora, la investigación al respecto está creciendo con congresos como: “Les journées du silex de Lyon”, celebrado en noviembre de 2010, “Stories written in Stone”, en el marco del V Arheoinvest Symposium, celebrado en agosto de 2013 en Iași (Rumanía), el "10th International Symposium on Raw Materials. On the Rocks", celebrado en septiembre de 2015 en Barcelona o el "Raw Materials exploitation in Prehistory", celebrado en marzo de 2016 en Faro (Portugal).

Destacaremos también el proyecto de red temática *PrehistoPyr*: "Los Pirineos prehistóricos, recursos económicos y territorios de los cazadores-recolectores del Paleolítico Superior y Mesolítico" que contó con la colaboración de centros de investigación de Aquitania, Aragón, Cataluña, Midi-Pyrénées, Andorra y País Vasco, siendo un proyecto ambicioso cuya duración de dos años (2011-2012) se vio ampliada por el proyecto *PalMesoPyr* - proyecto de la Comunidad de Trabajo de los Pirineos – durante dos años más (2013 y 2014). Fue así como investigadores franceses y españoles unieron esfuerzos y conocimientos para intentar armonizar el estado de la investigación actual de los recursos durante la Prehistoria en el territorio de los Pirineos.

No olvidemos mencionar algunas de las últimas tesis doctorales que se han realizado al respecto de dicha temática arqueopetrográfica, como Sánchez De La Torre (2014) y Soto (2015).

### 2.2.3. Teoría de la Arqueopetrología

La Arqueología científica tiene como rasgo distintivo la formulación y contrastación de leyes hipotéticas generales, que se necesitan para describir, explicar y predecir diferencias o semejanzas culturales representadas en el registro arqueológico. Para que el método científico se sustente, es necesario entender dos ideas; la primera es que existe un mundo real que puede ser conocido y por lo tanto es posible investigar cualquier serie de fenómenos empíricamente observables y la segunda es que es necesario entender que no se puede perseguir la certeza absoluta, sino que lo que se ha de pretender es basar las explicaciones en aquellas hipótesis que se confirmen mediante contrastación (Watson *et al.* 1974).

Todo esto nos lleva a introducir la cuestión del método científico. Este se puede definir como el conjunto de datos que han sido previamente definidos por una disciplina con el fin de alcanzar unos conocimientos válidos. Se sustenta en dos pilares básicos; la reproductibilidad, o sea, la capacidad de repetir un determinado experimento en cualquier lugar y por cualquier persona, basado en la comunicación y publicidad de los resultados obtenidos, y la falsabilidad, o lo que es lo mismo, la susceptibilidad de toda proposición científica a ser falsada. Esto implica la posibilidad de diseñar experimentos que, en el caso de dar resultados distintos a los predichos, negarían la hipótesis puesta a prueba.

Por un lado, la Prehistoria es la más natural de las ciencias humanas (fig. 2) y, como tal, necesita abastecerse de una metodología de carácter empírico para alcanzar sus objetivos. Este acercamiento al conocimiento científico se puede llevar a cabo con la metodología de las Ciencias Naturales, que es el que hará posible el desarrollo de una Ciencia de la Arqueología. Es aquí donde queda patente que la Arqueopetrología, disciplina incluida en el vasto mundo de la Prehistoria, aspira a convertirse en ciencia y para ello será necesario dotarla de una metodología. Los estudios arqueopetroológicos se basan en la correcta caracterización y descripción de los materiales analizados y es por ello que necesitan del método empleado tradicionalmente por las Ciencias Naturales : “Describir y Comparar” (Mangado 2004).

Por otro lado la Prehistoria es la ciencia que en mayor medida requiere de la interactividad con otras disciplinas sociales para obtener credibilidad en las inferencias que realiza, ya que el registro cultural de un yacimiento es algo mucho más complejo que un conjunto material, ya que se trata de la evidencia de una organización social (Mangado 2004).

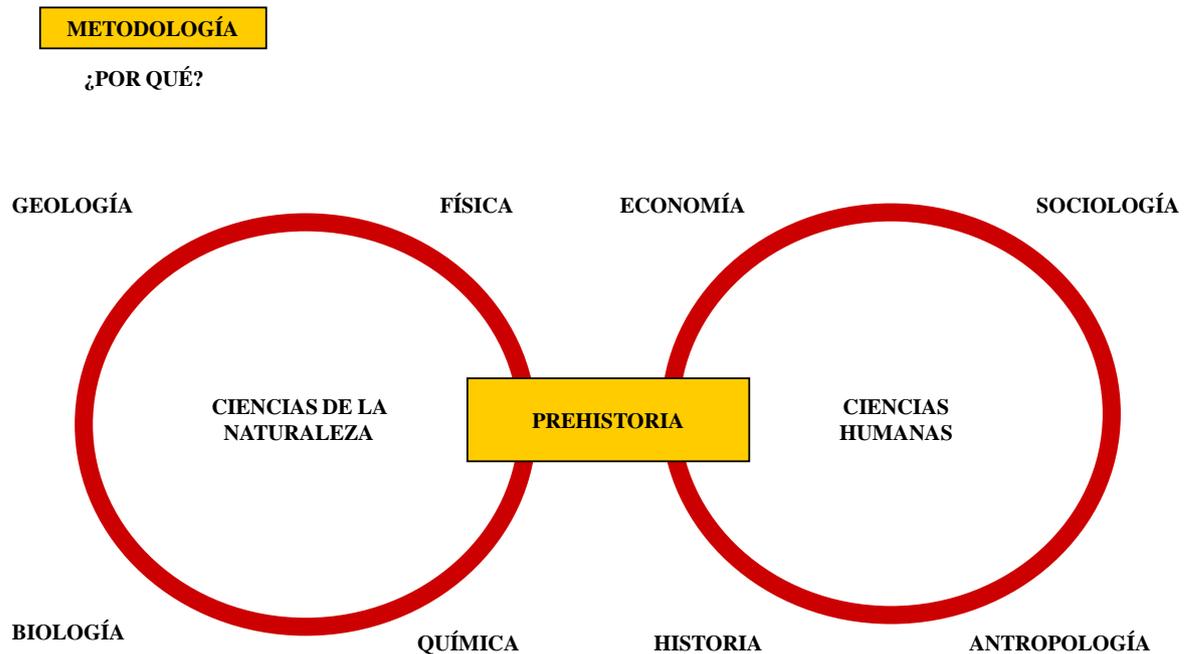


Fig. 2. Cuadro que representa el punto intermedio entre las Ciencias de la Naturaleza y las Ciencias Humanas en el que se encuentra la Prehistoria (Mangado 2004).

Los materiales líticos son materiales duales, su materia prima se debe estudiar desde el método de las Ciencias Naturales tal, y como hemos visto, pero el útil lítico es una entidad material natural que ha sido modificada culturalmente por el hombre. En él, podemos reconocer a través de su tipología o tecnología el ámbito cronocultural en el que se sitúa, transmitiendo una serie de valores culturales (Mangado 2006b).

Es por esta razón que, ya que nos hallamos delante de restos tanto físicos como culturales, que deberemos tomar en conjunto y completar su análisis mediante una descripción y comparación de sus características técnicas y culturales a la hora de definir comportamientos de los grupos humanos en estudio (Mangado 2004 y 2006) (fig. 3).

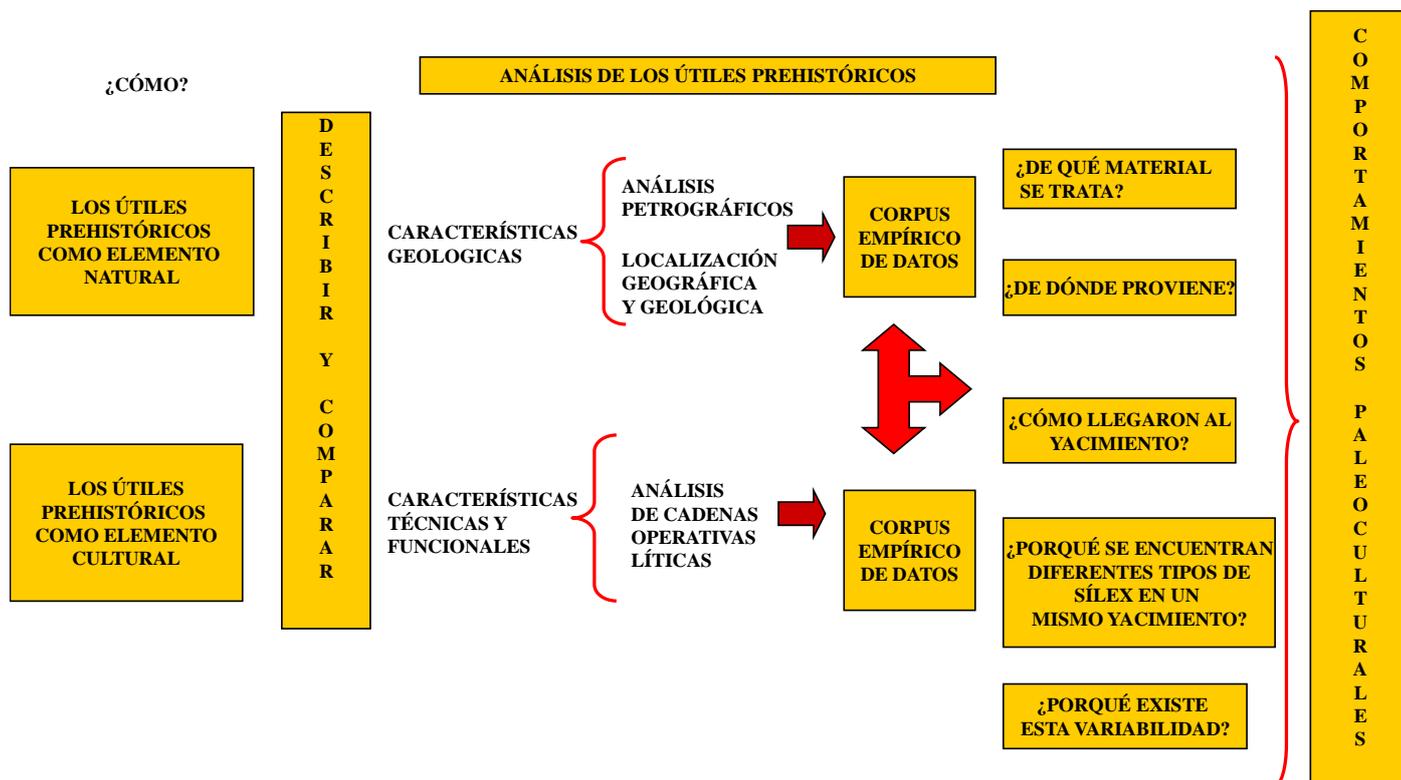


Fig. 3. Cuadro que representa cómo se puede realizar el análisis de útiles prehistóricos (Mangado 2004).

Masson (1981) afirmó en su tesis que las rocas silíceas son rocas con memoria (Mangado 2004:11) y esto debe entenderse en relación a que el estudio de sus componentes mineralógicos, texturales y estructurales nos pueden situar dichas rocas en un espacio geográfico y en un tiempo geológico bien delimitado. Sólo una aproximación desde la perspectiva propia de las Ciencias Sociales y Humanas permite una interpretación del comportamiento de los grupos humanos que utilizaron dichas rocas como recurso económico o simbólico. De este modo, el interés de los análisis petrográficos en el campo de la Arqueología reside en la creación de un corpus empírico de datos que nos permita inferir conocimientos de orden paleoeconómico de la actividad humana. Este corpus documental de datos ha de basarse en la construcción de un protocolo de observaciones y comparaciones sucesivas a distintas escalas (fig. 4).

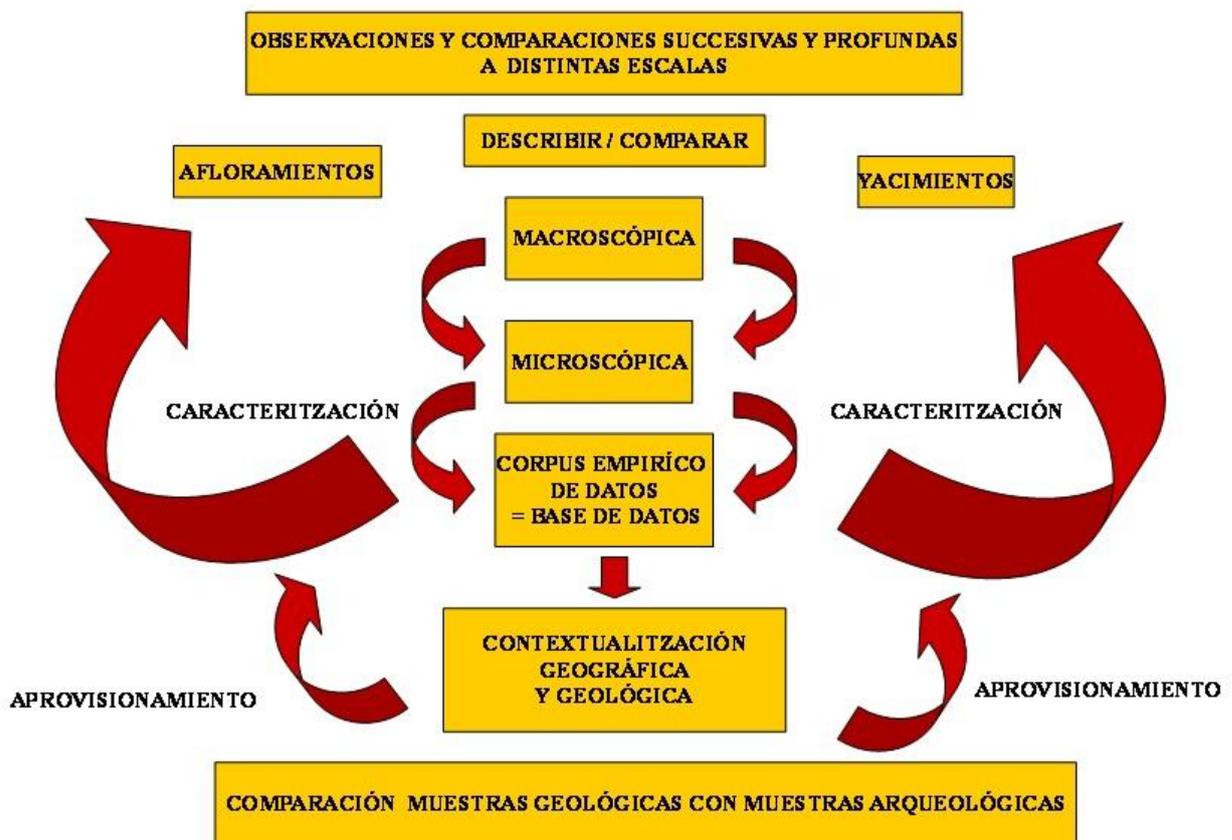


Fig. 4. Cuadro de la relación entre la caracterización de las materias primas y su aprovisionamiento (Mangado 2004).

En base a esto debemos ser muy conscientes que los análisis deben ser muy precisos y que la claridad en el lenguaje descriptivo ha de estar muy presente si se quiere aplicar este método.

#### 2.2.4 Objetivos y valoraciones de las técnicas de la Arqueopetrología

La aplicación de técnicas como la petrografía y la micropaleontología en trabajos de investigación prehistóricos, mediante el análisis y caracterización exhaustivos de útiles líticos, tiene dos objetivos: el estudio de una de las fases - la primera- de la ya mencionada “Cadena Operativa Lítica”, la de la investigación de la procedencia de las materias primas, y ligado a éste, el estudio de la paleoeconomía prehistórica.

Hace décadas que los geólogos han definido y caracterizado petrológicamente todo tipo de rocas, entre ellas, las rocas sedimentarias silíceas. Estos estudios de caracterización petrológica

se deben considerar como fundamentales en la praxis arqueológica actual porque han hecho que la evaluación de los instrumentos líticos como evidencias tangibles de las capacidades económicas y conocimientos técnicos de los grupos humanos prehistóricos fuera más fácil para los prehistoriadores.

La petrografía puede aportar dos tipos diferentes de ventajas a nuestro estudio. La primera se trata de la aproximación a la identificación del ambiente de sedimentación en el cual se originó ese sílex, y de este modo la posibilidad de poder establecer ambientes sedimentarios distintos que puedan ayudar a discriminar el origen de las muestras (Bustillo 1975). Por otro lado, la posibilidad de la identificación de estructuras del sedimento reemplazado en la textura silícea, la cual nos puede orientar en cuanto a la averiguación de los procesos diagenéticos sufridos por la muestra (Bustillo 1976). Esta técnica nos puede ayudar a guiar futuras prospecciones y a determinar el origen de determinados sílex en pisos geológicos concretos (Mangado 2006b).

#### 2.2.5 Las litotecas: herramientas básicas para la Arqueopetrología

Una litoteca, definida como una colección de referencia de rocas que tiene la finalidad de clasificar, estudiar y analizar materiales pétreos (Terradas *et al.* 2014), es un elemento clave en casi cualquier proceso arqueopetroológico de investigación de proveniencia de materias primas líticas. Mediante un protocolo de muestreo, inventariado y posterior clasificado de muestras, el objetivo principal de una litoteca es el de facilitar, agrupar y hacer accesible una información al usuario que de otra manera se tornaría muy difícil bien por falta de tiempo, recursos o conocimientos por su parte. A continuación señalaremos la existencia de varias de estas entidades alrededor de Europa.

**Magyar Nemzeti Múzeum.** La litoteca de materias primas tallables más grande de Europa se encuentra en el Magyar Nemzeti Múzeum (Museo Nacional de Hungría), en Budapest, y fue creada por la Dra. Katalin Biró, investigadora de la misma institución (Biró y Dobosi 1991, 2000; Biró 2011). Cuenta con un fondo de más de 8000 piezas y fragmentos tanto de origen sedimentario (radiolaritas, cherts, etc.), ígneo (obsidianas y otros vidrios volcánicos) y metamórfico (cuarцитas, pegmatitas), pero siempre en relación a su posible uso y captación durante la prehistoria tanto a nivel húngaro como mundial (Biró, comunicación oral). Actualmente algunas de sus muestras - algunas obsidianas- estan siendo analizadas mediante las últimas técnicas geoquímicas como la Activación Neutrónica (Kasztovszky *et al.* 2014).

Consultable via web: <http://www.ace.hu/litot/indexe.html>

**Litoteca Regional de la Charente** (Angulema, Francia), es la litoteca de referencia más utilizada para las investigaciones prehistóricas relacionadas con la cuenca de la Charente (Delage 2005; Delage *et al.* 2006; Rey *et al.* 2010; Rey 2011).

La cuenca de la Charente ha sido objeto de estudio a partir de los años 80 debido en parte a estudios como los de Roger-Marie y Michéline Séronie-Vivien sobre la disponibilidad de sílex en la zona (Séronie-Vivien 1972; Séronie-Vivien y Lenoir 1987). Dicha cuenca está compuesta en su mayoría por una gran diversidad de sedimentos - de los depósitos eocenos y oligocenos - por lo que se han llevado a cabo estudios geológicos desde mediados del siglo XIX (Tournepiche 1998).

En década anterior, el proyecto colectivo de investigación de la Dra. Anne Delagnes (Universidad Burdeos I) titulado: *El Paleolítico medio en la cuenca de la Charente* (2002), sobre circulación de materias primas y movilidad humana en relación a los recursos líticos y la tesis doctoral de Seong-Jin Park titulada *Sistemas de producción lítica y circulación de materias primas en el Paleolítico medio reciente y final. Una aproximación tecno-económica a partir de las industrias líticas de la Quina (Charente)* del 2007, sobre la producción lítica y circulación de materias, impulsaron la creación de la litoteca (Féblot-Augustins *et al.* 2010b, Rey 2011). Uno de los intereses de dicha litoteca consiste en el estudio sobre proveniencia de materias primas del yacimiento francés del magdalenense medio de La Chaire-a-Càlvin (Mouthiers-sur-Böeme, Angulema) a través del estudio de su utillaje lítico, aún por estudiar (David 1957; Delage 2009). En el año 2011 se presentó un estudio macroscópico y microscópico de las muestras cenomanienses y turonienses (Rey 2011, Rey *et al.* 2010, Rey *et al.* 2014). Actualmente la litoteca es consultable via web:

<http://www.alienor.org/publications/lithotheque/index.htm>

En el territorio peninsular, especialmente catalán, destacamos las dos únicas litotecas de referencia de material silíceo; por un lado podemos consultar la litoteca del proyecto **LitoCat**, impulsada por el Dr. Xavier Terradas (Terradas *et al.* 2012) y perteneciente al Instituto Milà i Fontanals - CSIC. Esta litoteca tuvo su precedente en el previamente citado *Estudio de la disponibilidad de rocas silíceas para la producción de instrumental lítico en la Prehistoria* iniciado en 2003 y cuenta con un fondo de muestras completado con sus respectivas fichas y fotografías.

Por otro lado, el proyecto **LithicUB**, ubicado en el laboratorio de Arqueología de la Facultad de Geografía e Historia de la Universitat de Barcelona y creado por el Dr. Xavier Mangado, cuenta con más de 380 muestras procedentes de 107 afloramientos. Su colección alberga muestras procedentes de España, Francia, Portugal, Israel y Jordania (Sánchez *et al.* 2014), todas ellas descritas macroscópicamente y algunas descritas también microscópicamente, siendo su fondo y sus fichas consultables via web: <http://www.lithicub.net/>.

Dichas litotecas poseen un gran dinamismo y sus fondos líticos se hallan actualmente en plena expansión, así como también se está trabajando para la mejora de la consulta de sus bases de datos para la consulta vía web (fig. 5).



Fig. 5. Organización de dos litotecas. Izquierda: litoteca del Museo Nacional de Hungría (Budapest). Derecha: LithicUB, litoteca de la Universitat de Barcelona.

### **2.3 El abrigo de L'Hort de la Boquera y el abrigo de La Roureda: investigando el territorio durante la transición Pleistoceno - Holoceno**

A raíz de los estudios de las materias primas del abrigo de l'Hort de la Boquera y del abrigo de la Roureda han surgido diversos interrogantes en relación al origen de su utillaje lítico. El material utilizado para su producción fue mayoritariamente el sílex, pero es observable a simple vista que una parte del material corresponde a diferentes variedades de sílex y, por lo tanto, se deduce que no proviene del mismo sitio.

La aplicación de la misma metodología arqueopetrográfica de estudio empleada para las muestras geológicas obtenidas durante los trabajos de campo respectivos a las industrias líticas de los dos abrigos permitirán llevar a cabo una comparación de materias primas líticas. Con la observación, descripción e identificación de la totalidad de material lítico recuperado en los dos abrigos y documentando unos corpus de datos propios, será posible la confrontación de éstos con los corpus de datos de las muestras geológicas.

El conjunto de conclusiones extraídas a raíz de este trabajo de investigación dará lugar, por un lado, a una aproximación sobre el origen de las materias primas líticas empleadas para la manufactura de los útiles, y por otro lado, a una interpretación territorial dedicada al análisis de la movilidad de los grupos humanos.

Algunas de las cuestiones abordadas serán: ¿Fue todo material lítico tallado con el mismo tipo de sílex? ¿Existe cierta disponibilidad en cuanto a recursos minerales en un radio próximo al yacimiento? O por el contrario, ¿existió una movilidad acusada en busca de esa materia prima utilizada? ¿Qué grado de conocimiento tenían del territorio? ¿Hasta donde estaban dispuestos los pobladores de los yacimientos a desplazarse en busca de esa/s materia/s prima/s litica/s? ¿Si no fue así, por qué la materia prima lítica hallada en el yacimiento es tan heterogénea? ¿Hubo algún proceso de intercambio y por ende, de interacción social, con otras comunidades? ¿Estuvo implicado algún factor simbólico que desconocemos en todo este proceso?

De esta manera, el estudio arqueopetrográfico de las materias primas silíceas recuperadas en las intervenciones arqueológicas de l'Hort de la Boquera y de La Roureda va a permitir acercarnos al conocimiento del grado de movilidad de unos grupos humanos que vivieron y actuaron en el Paleolítico superior final-Epipaleolítico, que en un momento dado ocuparon sendos abrigos, dejando en ellos las huellas de su actividad.

Introducidos todos los conceptos teóricos previos a la investigación, veamos a continuación el conjunto de características y elementos propios de nuestro objeto de estudio básico: el sílex.



### 3. LA NATURALEZA DEL SÍLEX

#### 3.1 El sílex y las rocas sedimentarias

El sílex, es una roca sedimentaria. Estas rocas son aquellas que se forman por la acumulación de sedimentos (fig. 6): marinos, continentales y de transición y se dividen en diferentes tipos dependiendo de su origen y composición. De todos los diferentes tipos de rocas sedimentarias existentes aquellas que centran nuestro interés son las rocas sedimentarias silíceas. El sílex pertenecería a este grupo de rocas.

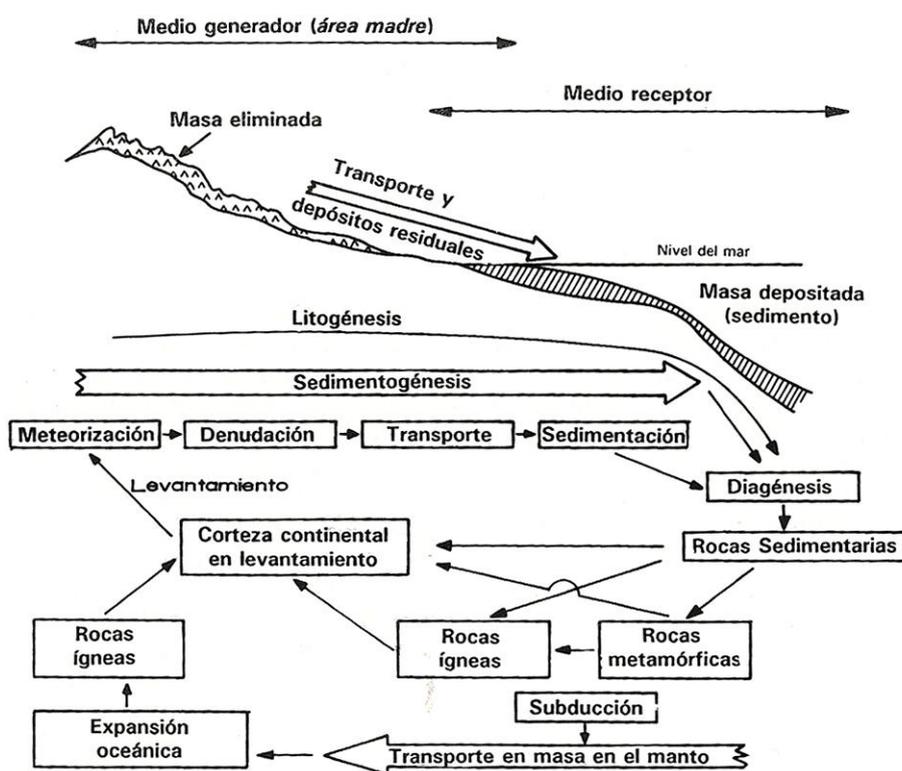


Fig. 6. Esquema del proceso sedimentario en el contexto del ciclo geológico, modificado de Corrales et al. (Vera 2004).

#### 3.1.1 Las múltiples denominaciones del sílex

##### 3.1.1.1 Debate terminológico

La literatura es bastante generosa con este término y tiene una gran variedad de acepciones que repasaremos rápidamente. Los términos sílex, chert y pedernal son sólo algunos de ellos; sin

embargo, debemos saber que se refieren a una misma roca. Se podría afirmar que el término “pedernal”, perteneciente a la lengua castellana, es el término más antiguo y actualmente el menos utilizado, ésta fue la denominación tradicional para el sílex; el término francés “sílex” fue avanzando posiciones - debido a la influencia enorme del francés en los estudios sobre Paleolítico - hasta ser a día de hoy el más utilizado en el mundo de la Arqueología y, por último, el término inglés “chert”, el más utilizado en el ámbito internacional de la Geología, pero de corte muy general porque incluye todos aquellos sedimentos silíceos de grano fino (Tarrío 2006), aunque en las publicaciones en castellano se denomine también “sílex” (comunicación oral Dra. Bustillo).

#### 3.1.1.2 Variedades del sílex y sus denominaciones

El sílex es una roca que posee una gran variabilidad, lo cual se traduce en que cada sílex, dependiendo de su ambiente de formación, su tipo de afloramiento, su composición mineralógica, el contenido de organismos silíceos o su contenido en impurezas, se denomina de una u otra forma distinta. Incluso una misma formación geológica puede presentar una gran variabilidad a nivel macroscópico en un área de menos de un km (Aubry 2005).

Se debe resaltar que existen muchas denominaciones referidas a un ambiente de formación en concreto (ej. silcreta), a sus características texturales (ej. liditas), a la composición mineralógica (ej. ágata, ópalo), al contenido de organismos silíceos (ej. radiolarita, espiculita, diatomita) o incluso al contenido de impurezas (ej. jaspe) (Tarrío 2006).

#### 3.1.2 Definición

El sílex es una roca sedimentaria silícea con textura, en general, micro y/o criptocristalina con una proporción igual o superior al 50% de contenido en SiO<sub>2</sub> (SiO<sub>2</sub> ≥ 50 %) y formada, mayoritariamente, por minerales de la sílice como son el cuarzo, la moganita y las fases opalinas (Bustillo 2001).

#### 3.1.3 Composición

Su composición mineralógica se puede dividir en componentes mayoritarios - los componentes silíceos- y componentes minoritarios o impurezas - los no silíceos-. Los componentes mayoritarios se pueden diferenciar mediante dos criterios, por su mineralogía y por su estructura/fábrica (Bustillo 2002).

### 3.1.3.1 Componentes silíceos

Los minerales de la sílice constituyen un grupo dentro de los tectosilicatos que hasta la década de los años 70 del pasado siglo no despertó gran interés, pero gracias al proyecto *Deep Sea Drilling Project* se invirtió esta tendencia incrementando el valor que tenía el estudio de este grupo de minerales hasta entonces, (Mangado 2004). Los componentes silíceos están representados por todos los minerales de la sílice y se dividen según el grado de ordenamiento cristalino de la sílice, si esta se halla ordenada se habla de las variedades de cuarzo  $\alpha$  y de la moganita y si por el contrario, se trata de variedades semiamorfas con redes cristalinas no ordenadas, se habla de las variedades del ópalo.

Según Bustillo (Bustillo *et al.* 2012) las rocas de la Sílice se pueden clasificar según su textura y fábrica microscópica de la siguiente manera:

Por un lado, diferenciando su mineralogía, entre el cuarzo, la moganita y las fases opalinas mediante la Difracción de Rayos X y por otro lado, diferenciando la textura y fábrica microscópica mediante la Petrografía de lámina delgada, obteniendo el siguiente cuadro explicativo (tabla 1):

Mineralogía (DRX)	Texturas y fábricas microscópicas (Petrografía LD)		
Cuarzo	Cristales individualizables	En mosaico	macro >35 $\mu$ m
			meso 35-20 $\mu$ m
	Cristales no individualizables	Con otras disposiciones	micro <20 $\mu$ m
		Mosaicos criptocristalinos <1 $\mu$ m	
Moganita	Texturas microcristalinas y fibrosas imprecisas		
Variedades del Ópalo	Ópalo A	Amorfo	
	Ópalo CT	Cristalino con matrices amorfas	
	Ópalo C	Cristalino	

Tabla 1. Minerales y texturas de las rocas de la sílice (Bustillo *et al.* 2012).

El cuarzo  $\alpha$  es un mineral química y mecánicamente estable que cristaliza en el sistema hexagonal, de fractura concoide, sin exfoliación y de dureza 7 en la escala de Mohs.

#### Variedades del cuarzo $\alpha$

A continuación se van a describir las diferentes texturas del cuarzo  $\alpha$  por orden de dominancia y aparición en algunas rocas sedimentarias silíceas.

La primera variedad textural que será descrita es la del cuarzo microcristalino, fase dominante en el sílex con cristales no mayores de 20  $\mu\text{m}$  (fig. 7).

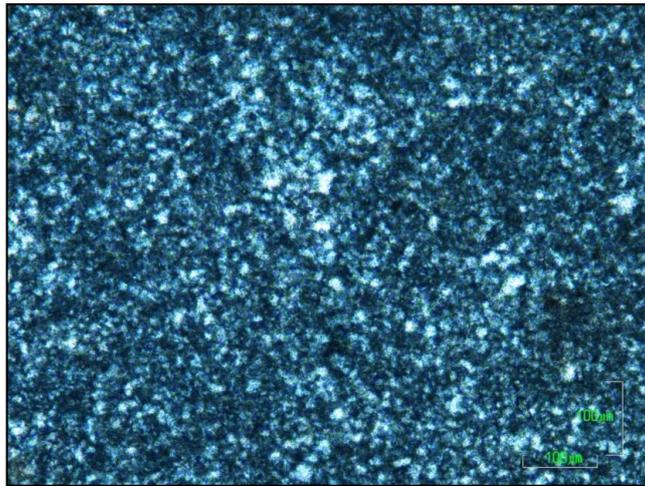


Fig. 7. Cuarzo microcristalino de la muestra arqueológica "HB.G8.446", de sílex clasificado como Tipo 3 procedente del yacimiento Hort de la Boquera (Tarragona). Microscopio óptico y nicoles cruzados, escala 100  $\mu\text{m}$ .

La calcedonia es la variedad textural fibro-radial de la sílice, sus cristales no se pueden individualizar y su morfología botroidal suele rellenar cavidades y/o fracturas de la roca encajante así como también pueden formar mosaicos por reemplazamiento. Se distingue una variedad de elongación negativa (*length fast chalcedony*), la calcedonita- y dos variedades de elongación positiva (*length slow chalcedony*), la cuarcina y la lutecita (fig. 8) así como otras formas complejas, como por ejemplo la calcedonia helicoidal (fig. 9). La distinción de dichas variedades puede asociarse a ambientes típicos, por ejemplo, el hallazgo de calcedonia de elongación negativa está asociada a ambientes carbonáticos, así como el hallazgo de calcedonia de elongación positiva a ambientes yesíferos sulfatados o ricos en Mg (Bustillo 1976). La calcedonita aparece también en el relleno de huecos.

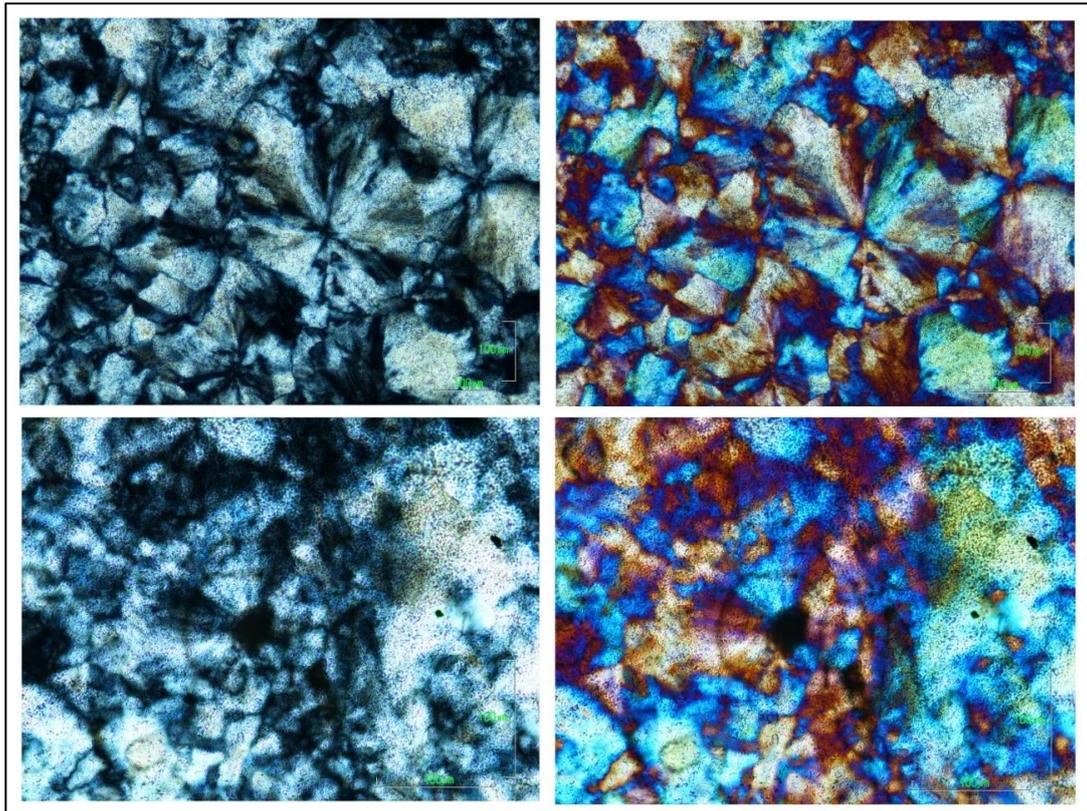


Fig. 8. De izquierda a derecha y de arriba abajo: cristal fibroso de calcedonia *lenght slow* (lutecita) hallado en la matriz de la muestra sin compensador y con compensador; micronúcleo de nucleación de calcedonia *lenght fast* (calcedonita) hallado en la matriz de la muestra, sin compensador y con compensador; ambos ejemplos hallados en la muestra geológica número "13" procedente de Cabacés (Priorat, Tarragona), (Oligoceno-Estampiense). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 100  $\mu\text{m}$ .

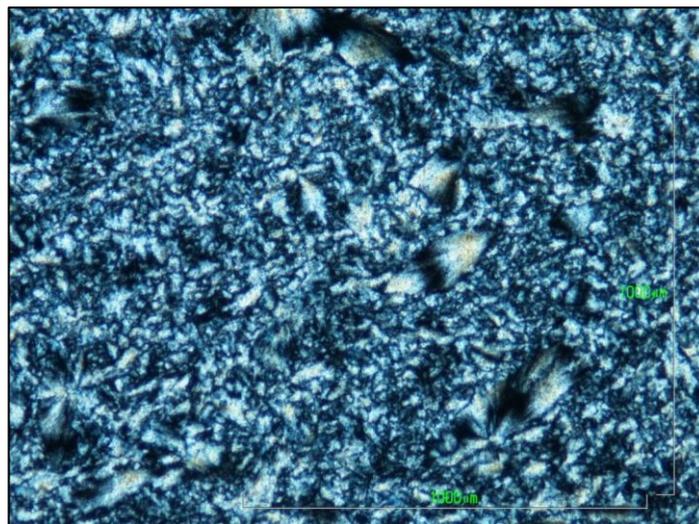


Fig. 9. Centrada a la derecha podemos observar una calcedonia helicoidal hallada en la muestra geológica procedente de Lilla (Conca de Barberà, Tarragona) (Luteciense - Bartoniense). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1 mm.

La tercera y última variedad en la que se puede presentar el cuarzo es el megacuarzo, con cristales de tamaño mayor de 35  $\mu\text{m}$  que normalmente se presentan en mosaico tapizando cavidades (*pore-filling*) pudiéndose combinar con cristales de mesocuarzo (fig. 10).

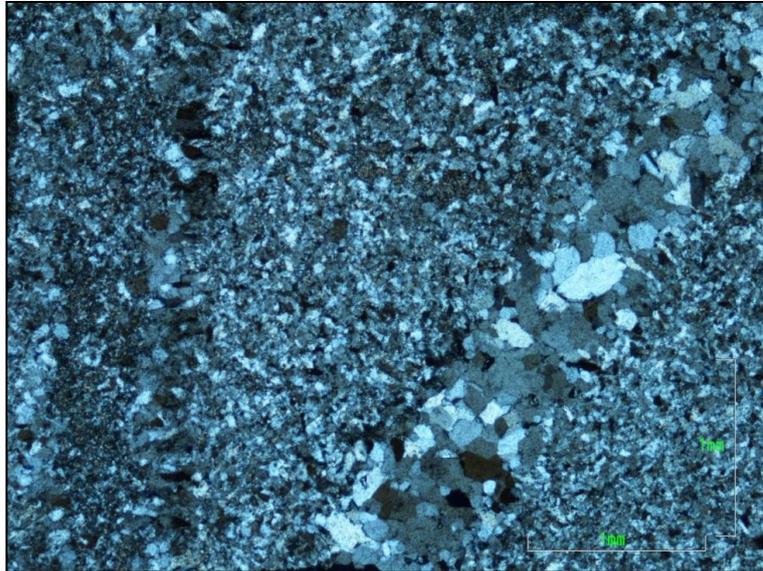


Fig. 10. Detalle de fractura rellena de cristales de megacuarzo, en mosaico variedad *drusy*, de la muestra geológica con sigla "26" procedente de Vilaplana (Baix Camp, Tarragona) (Muschelkalk superior).  
Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1 mm.

### Fases opalinas

El ópalo en sí no se puede clasificar como mineral sino como mineraloide, porque posee algunas fases sin estructura cristalina. Además incorpora hasta un 20 % de moléculas de agua en su estructura, característica que le confiere una menor densidad y peso específico en comparación al cuarzo  $\alpha$ . Su aspecto externo es botroidal y de colores muy diversos ya que abarca desde tonos hialinos hasta un cromatismo más oscuro.

Se diferencian 3 fases opalinas en función de su estructura cristalina: ópalo A, ópalo CT y ópalo C.

Estos tres grupos tienen la misma composición química y por lo tanto son difíciles de diferenciar al microscopio petrográfico, así que un método efectivo para poder discriminarlos es la Difracción de Rayos X.

La secuencia diagenética general de envejecimiento – o *ageing* - de las rocas de la sílice es la siguiente:

ópalo A → ópalo CT (cristobalita/tridimita) → cuarzo

Aunque está en revisión, por el descubrimiento de la moganita que se sitúa entre las fases opalinas y el cuarzo (Bustillo 2002).

El grupo del ópalo A, o grupo de los ópalos no cristalinos, se forma a partir de la síntesis de la sílice producida por organismos con componentes esqueléticos silíceos, como son las diatomeas, los radiolarios, las esponjas silíceas, así como en estalagmitas y ambientes hidrotermales (géiseres), etc. (Bustillo 2002).

El grupo del ópalo CT es la siguiente fase intermedia que se caracteriza por estar constituido por unos interestratificados de cristobalita/tridimita –polimorfos de baja temperatura (fig. 11), que le confieren cierto grado de ordenamiento interno, pero su estructura aun tolera cantidades considerables de impurezas. Aparece normalmente cuando crece en huecos formando lepisferas, unos agregados esféricos que oscilan en el rango de 1µm a 20 µm (Flörke 1991, Luedtke 1992).

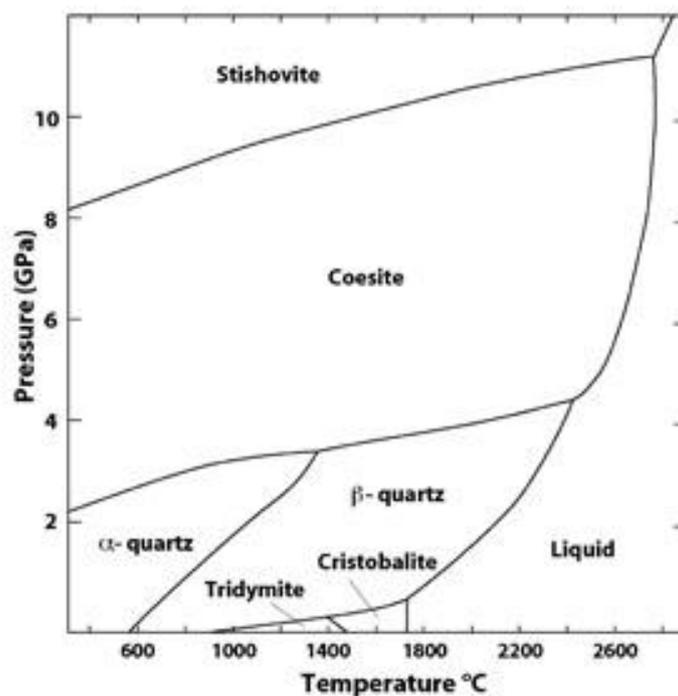


Fig. 11. Diagrama de fases de los polimorfos de la sílice y sus fases opalinas (Luedtke, 1992).

El grupo del Ópalo C es una fase individualizada caracterizada por contener una secuencia de cristobalita en su red cristalina lo que confiere cierto ordenamiento interno.

La moganita, inicialmente llamada Sílice G, es un polimorfo monoclinico de la sílice reconocido en el año 2000 por el *New Minerals Committee* de la *International Mineralogical Association* (99-035) que aparece en la mayoría de rocas silíceas microcristalinas y criptocristalinas en una cantidad que no suele superar el 20% del total de la roca, aunque puede oscilar entre el 10% y el 80% (Bustillo 2002). Tanto macroscópica como microscópicamente es extremadamente difícil su detección, ya que no tiene ni texturas ni forma de aparición precisas, siendo los métodos como la Difracción de Rayos X y aun mejor la Espectroscopía micro-Raman los más adecuados, y aún así, se necesita magnificar mucho los espectrogramas para su correcta observación (Bustillo 2002).

Una particularidad de esta fase mineral que debemos de tener en cuenta es que debido a sus propiedades cinéticas y termodinámicas se disuelve y es más inestable que el cuarzo, hecho que explica su ausencia en los sílex alterados (Bustillo 2002). Algunos autores afirman que podría ser un indicador de evaporitas desaparecidas (Tarrío 2006) pero existen aún ciertas imprecisiones al respecto de este mineral. Su identificación, tal y como veremos más adelante, puede ser de gran utilidad. La técnica para determinar la presencia de moganita fue en nuestro caso la Espectroscopía micro - Raman (fig. 12).

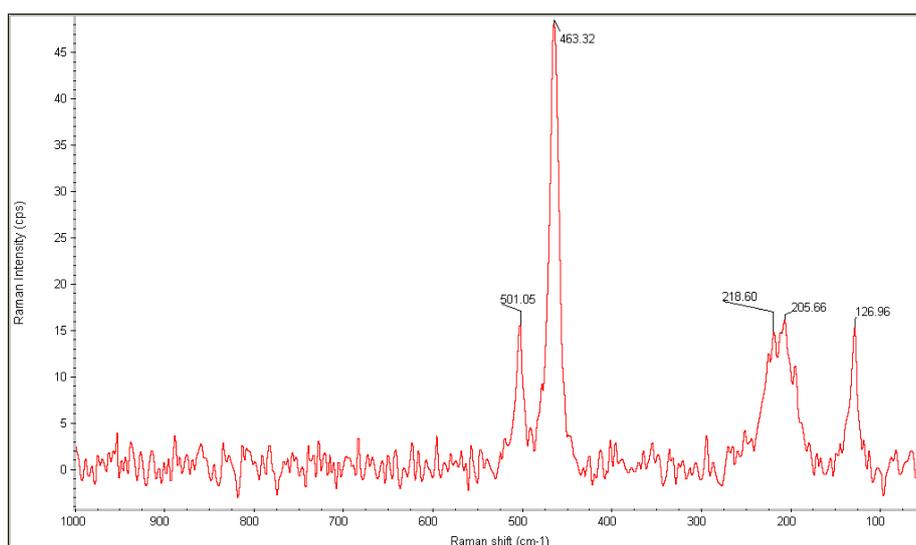


Fig. 12. Espectrograma obtenido para la muestra arqueológica "HB04.H7.294" de sílex clasificado como Tipo 1, procedente del yacimiento de l'Hort de la Boquera, en el que se aprecia que la moganita aparece en el pico 501.05, Espectroscopía micro-Raman.

### 3.1.3.2 Componentes no silíceos

Los componentes no silíceos o impurezas más frecuentes serían los siguientes: carbonatos (sobretudo carbonato cálcico), yesos, minerales de hierro (hematites, pirita, magnetita y goethita), óxidos de manganeso, los minerales de las arcillas (caolinita, esmectita e illita) y la materia orgánica (Luedtke 1992, Tarrío 2006).

#### Carbonatos

A pesar de que los carbonatos son eliminados durante el proceso de silificación (cuando precipita la sílice, el carbonato cálcico se disuelve) es frecuente encontrarlos en forma de impureza, cristales romboidales o sus moldes o en zonas no reemplazadas por la sílice (fig. 13).

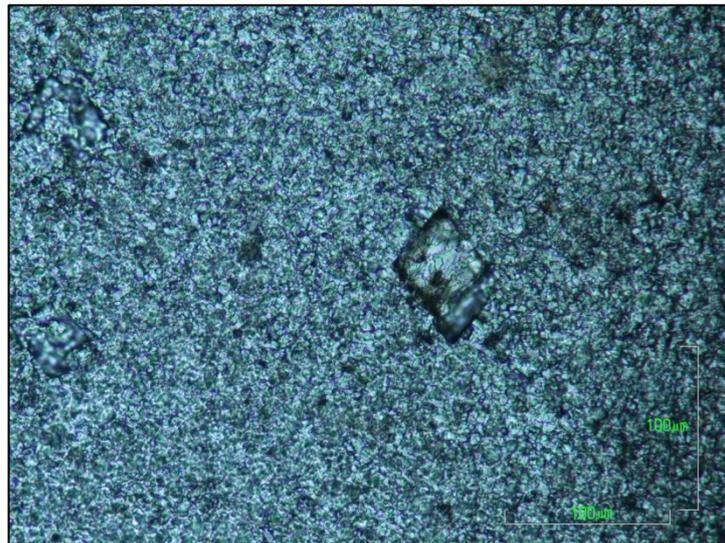


Fig. 13. Cristal de calcita (cristal rómbico centrado) incluido en matriz microcristalina; hallado en la muestra geológica procedente de Flix (Ribera d'Ebre, Tarragona) (Cuaternario). Microscopio óptico, nicols cruzados, escala a 100 μm.

Es frecuente observar algunos bioclastos (fig. 14) que forman parte de muestras de sílex, tanto arqueológicas como geológicas, que aun se encuentran carbonatados porque se trata de una silificación poco intensa.

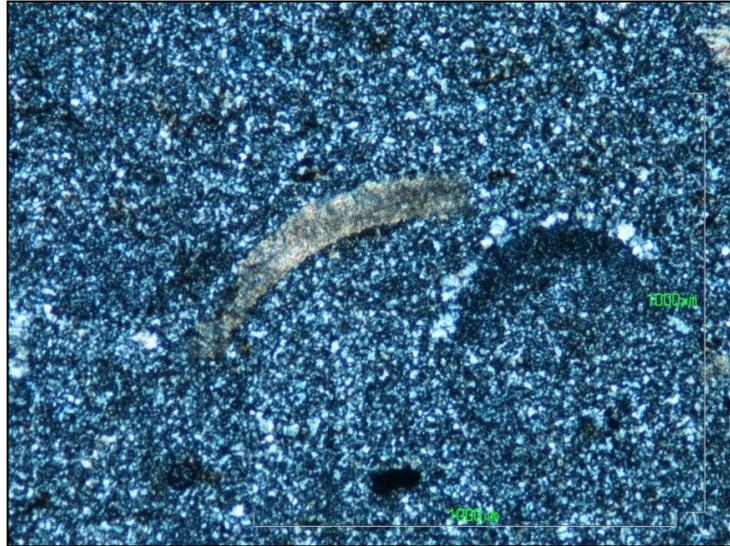


Fig. 14. Bioclastos incluidos en matriz de sílex dónde se observa que uno de ellos conserva aún el carbonato original mientras que el otro está totalmente silificado y reemplazado por calcedonia; muestra arqueológica de sigla "IV", de sílex clasificado como Tipo B, procedente del yacimiento de la Roureda (Castelló), Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1000  $\mu\text{m}$ .

### Yesos

El yeso forma parte de ese tipo de impureza más frecuente hallada en los sílex, y sobre todo, en sus córtex. Normalmente su hallazgo explica el ambiente de formación del sílex - ambiente evaporítico -. El yeso cristaliza en diversas morfologías pero la más común es en forma de lentícula que tanto se puede observar a nivel macroscópico como microscópico (figs. 15 y 16).

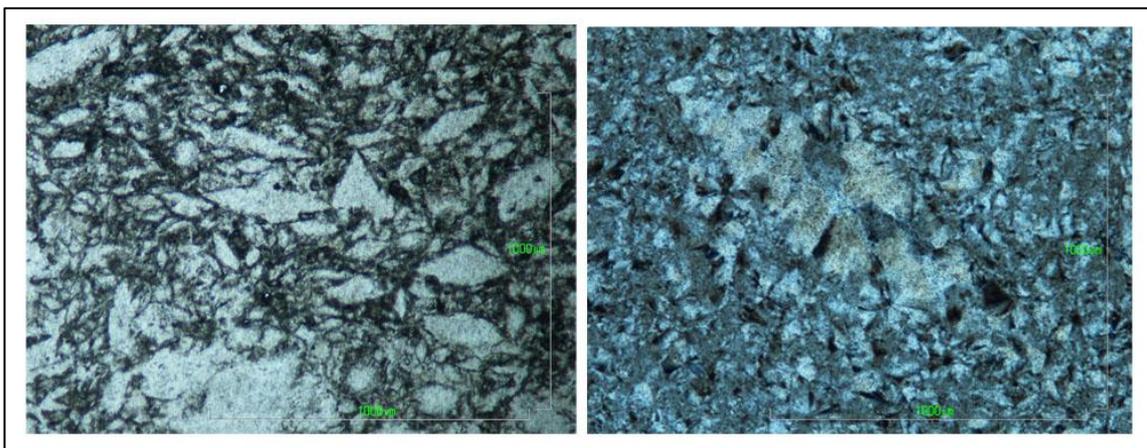


Fig. 15. Izquierda: lentículas de yeso incluídas en el córtex de la muestra arqueológica con sigla "HB.J5.1497", de sílex clasificado como Tipo 1, procedente de Hort de la Boquera (Tarragona). Derecha: lentícula de yeso totalmente silificada incluida en la matriz procedente de la muestra geológica de sigla "20" procedente de Blancafort (Conca de Barberà, Tarragona), (Eoceno – Oligoceno). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1000  $\mu\text{m}$ .

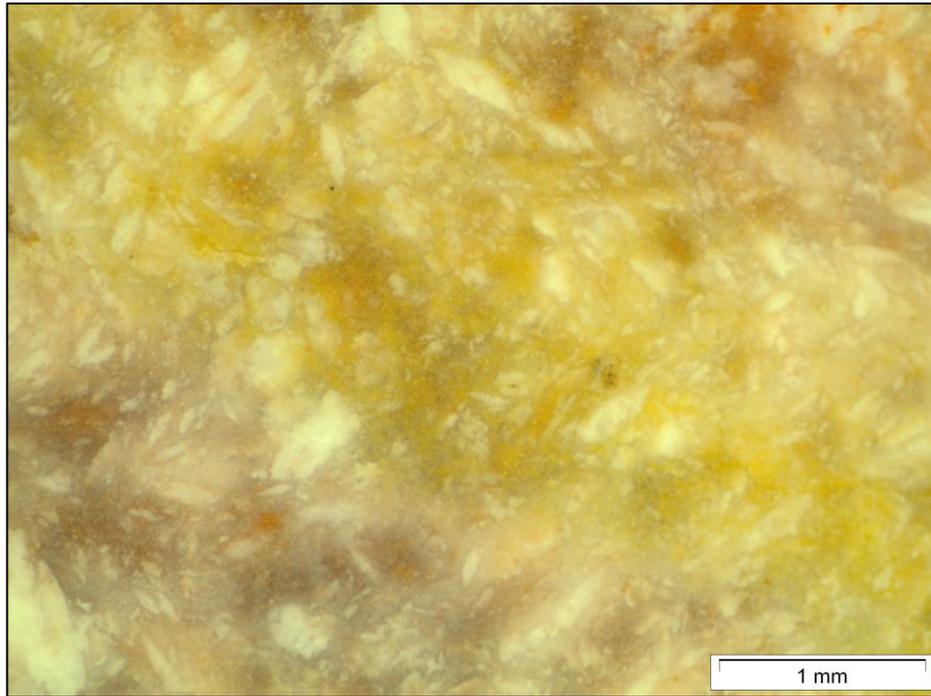


Fig. 16. Lentículas de yeso visibles a nivel macroscópico en muestra arqueológica de sigla "HB.G6.519", de sílex clasificado como Tipo 1; elemento de dorso procedente de l'Hort de la Boquera. Lupa binocular.

#### Minerales metálicos (óxidos, hidróxidos y sulfuros)

El hierro es el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre y es por ello que también forma parte de muchas variedades de sílex, en forma de hematites ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) goethita ( $\text{FeO}\cdot\text{OH}$ ), pirita ( $\text{FeS}_2$ ) o magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), aunque no es para nada despreciable el manganeso, elemento que forma parte de diferentes óxidos de manganeso y que se pueden presentar en forma dendrítica (fig.17).



Fig. 17. Dendritas de manganeso halladas en muestra arqueológica procedente del yacimiento pleistoceno la Dolina de l'Esquerda de les Alzines, macizo del Garraf, Barcelona (Rey-Solé *et al.* 2014a).

#### Minerales de la arcilla

Su presencia en muchas variedades de sílex es muy frecuente debido a que sus enlaces iónicos son muy débiles (Tarrío 2006) y los principales grupos que se observan son el grupo de la esmectita, el grupo de la caolinita y el grupo de la illita (fig.18).

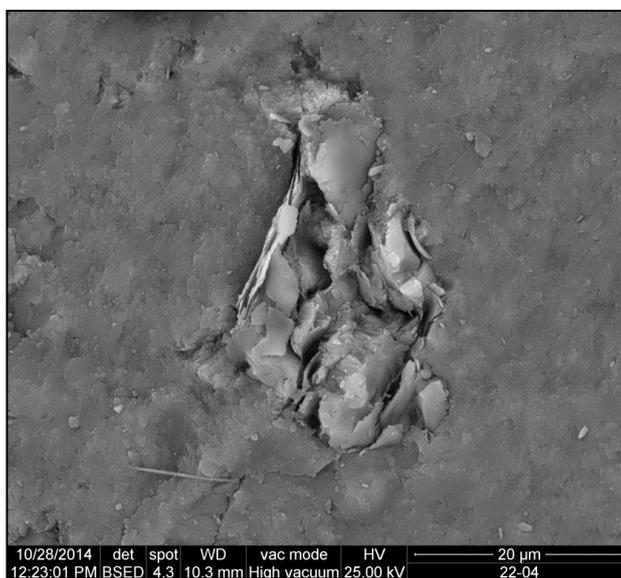


Fig. 18. Illita hallada en la muestra geológica número "22" procedente de Bellmunt d'Urgell (La Noguera, Lleida), (Estampiense superior). Microscopio electrónico.

## Materia orgánica

El sílex tiene un amplio espectro en cuanto a impurezas se refiere y la materia orgánica puede formar una parte muy importante de ellas cuando la silificación es temprana (comunicación oral de la Dra. Bustillo) (fig. 19). Los elementos indicadores de su presencia son el carbono, el hidrógeno, el nitrógeno y el oxígeno (Luedtke 1992). Otro indicador es el colorimétrico, los sílex con mayor presencia de materia orgánica suelen ser oscuros o negruzcos (Tarrío 2006).

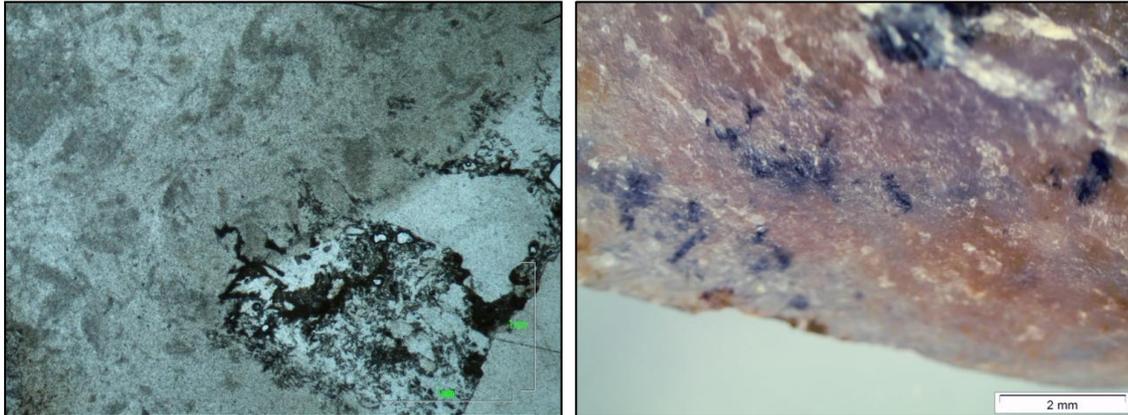


Fig. 19. Izquierda: materia orgánica incluida en matriz silíceas de la muestra arqueológica "HB.J5.1487", clasificado como sílex tipo 1-1, procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona). Microscopio óptico, nicols cruzados, escala a 1mm. Derecha: materia orgánica incluida en muestra "HB.G8.280", sílex clasificado como Tipo 1-1, elemento de dorso procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona). Lupa binocular (2 mm).

### 3.1.4 Orígenes, litofacies del sílex y proceso de silificación

Menos del 1 % del volumen total de rocas sedimentarias de la corteza terrestre corresponden a sílex (Blatt *et al.* 1972), lo cual es una proporción irrisoria respecto a la totalidad de rocas en la Tierra. Sin embargo, la importancia del sílex reside en que su formación ocurre en un amplio rango de contextos geológicos, explicando así la importancia que ha tenido como materia prima para la confección de útiles líticos ya que ha podido ser encontrado en multiplicidad de contextos geológicos y geográficos. El sílex se relaciona con distintos ambientes de formación, incluyendo ambientes marinos y continentales, incluyendo ambientes lacustres así como superficies de exposición subaérea (Flügel 2004). El sílex se presenta en el registro geológico esencialmente en dos tipos de litofacies, litofacies estratificada y litofacies nodular (Tucker 1991).

#### 3.1.4.1 Litofacies estratificada

El sílex se puede hallar en estratificación, normalmente centimétrica, y a veces se preservan en él incluso estructuras sedimentarias. El material biogénico casi exclusivo de este tipo de sílex son los radiolarios, que suelen estar mal conservados y se identifican por ser moldes rellenos de cuarzo o calcedonia, pero también diatomeas y espículas de poríferos.

Se produce por acumulación/concentración y transformación de la sílice dispersa en el sedimento. Esta sílice tiene distintas procedencias: la acumulación de los esqueletos opalinos de los radiolarios (fig. 20), de las espículas de las esponjas, de las frústulas de las diatomeas, etc., que producen un barro silíceo que se compacta y recristaliza transformándose en roca sedimentaria. Estos sílex estratificados pueden presentar sedimento clástico fino o carbonatado.

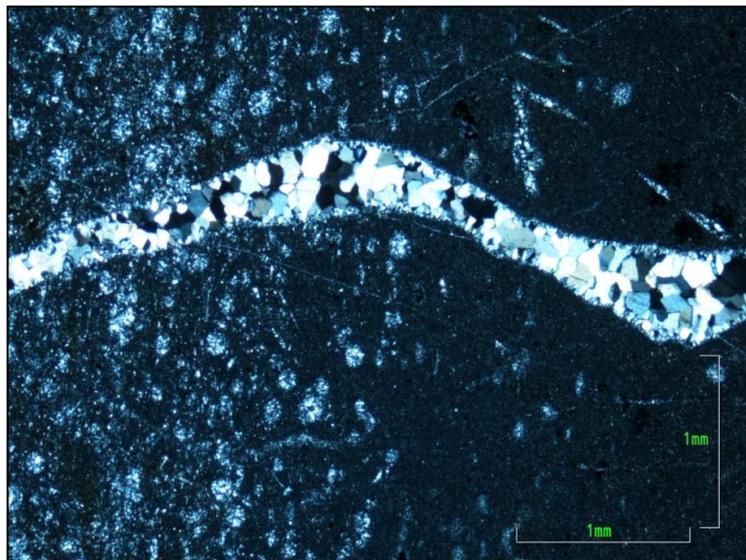


Fig. 20. Posibles radiolarios (morfologías esféricas) y fractura rellena de megacuarzo de la muestra geológica de sigla "3M" procedente de Poboleda (Priorat, Tarragona), (Carbonífero). Microscopio óptico con nicols cruzados (1 mm).

Este tipo de litofacies del sílex se relaciona normalmente con calizas pelágicas y turbiditas siliciclásticas y carbonatadas, aunque pueden estar asociadas a rocas volcánicas.

Su equivalente actual son los barros de radiolarios y diatomeas que cubren áreas muy extensas de los fondos oceánicos profundos (Tucker 1991, Rosell *et al.* 1997).

#### 3.1.4.2 Litofacies nodular

Los sílex nodulares se desarrollan principalmente en rocas encajantes carbonatadas, y, en menor proporción, en lutitas y evaporitas. Muchos sílex nodulares presentan evidencias que

demuestran su origen diagenético por reemplazamiento y pueden tener una estructura concéntrica (Tucker 1991, Rosell *et al.* 1997).

Según investigaciones llevadas a cabo por el *Deep Sea Drilling Project* los nódulos de sílex que se forman en las calizas pelágicas atraviesan frecuentemente distintas fases durante su transformación. En primer lugar, las cámaras vacías de los foraminíferos, y otros bioclastos, se rellenan de calcedonia; en segundo lugar, la masa basal del carbonato de grano fino es reemplazado por ópalo CT de grano fino; en tercer lugar los componentes esqueléticos son reemplazados por calcedonia y por último, la matriz de ópalo CT se transforma en cuarzo (Bush *et al.* 1983).

Los nódulos de sílex hallados en calizas nos abren una puerta al conocimiento de la biota original, la composición del sedimento y la historia diagenética de la roca encajante, precisamente, por su baja susceptibilidad a alguna alteración diagenética y además pueden ser diferenciados por criterios de microfacies (Flügel 2004).

#### 3.1.4.3 Proceso de silicificación

La silicificación consiste en el reemplazamiento progresivo de una litología preexistente (material encajante) por la sílice (fig. 21). Este proceso interviene en la génesis de las litofacies nodulares, pero también, en la de las estratificadas. Además, según Rosell *et al.* (1997) la silicificación puede presentar un carácter selectivo.

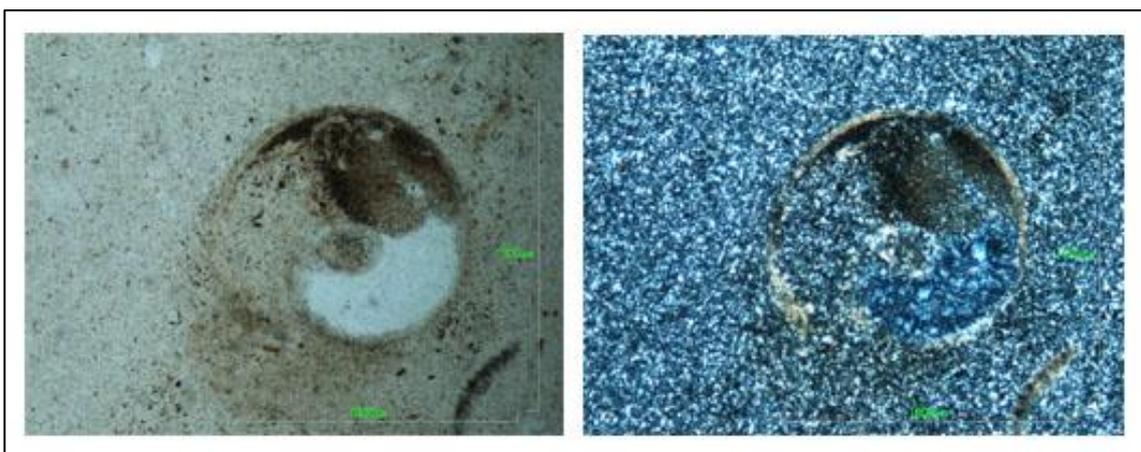


Fig. 21. Gasterópodo fósil con restos del carbonato original en proceso de silicificación y con parte del mismo reemplazado por sílice fibrosa. Muestra arqueológica de sigla "2a", de sílex clasificado como Tipo A variedad I, procedente del yacimiento de La Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala 1000  $\mu\text{m}$ .

En otros casos la silificación del fósil es total y el carbonato se reemplaza por calcedonia, proceso que se denomina como "calcedonización" (fig. 22).

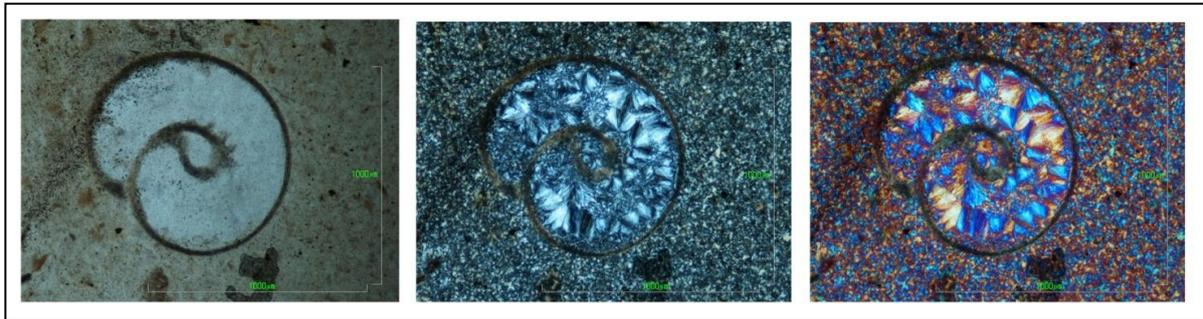


Fig. 22. Gasterópodo hallado en la muestra de sílex arqueológico (sigla "Ee3c8sq6-28") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló) y clasificada como Tipo A-I. Microscopio óptico, luz paralela, nícoles cruzados y compensador; escala 1000  $\mu$ m.

Un amplio rango de contextos y sedimentos sufren este proceso y son comúnmente afectados por la silificación tanto en grandes profundidades marinas como en calizas procedentes de zonas marinas someras.

Los sedimentos biosilíceos sufren una transformación, convirtiéndose en fases opalinas, preservando en parte los elementos formativos de la roca sedimentaria original y permitiéndonos posteriormente el poder detallar nuestro estudio de procedencia de las muestras.

### 3.2 Propiedades del sílex

La característica más evidente del sílex es la gran variabilidad de su apariencia (Luedtke 1992). Estos atributos externos son los primeros en ser observados y en cierta medida aportan información sobre su composición textural.

#### 3.2.1 Características mineralógicas y texturales macroscópicas

El sílex puede tener una multiplicidad de apariencias ya que aparece en todo el espectro de color, ya sea bandeado o liso, translúcido u opaco. Esta variedad tan rica de aspectos es debida a que el mineral que forma el sílex básicamente es el cuarzo, y éste, como es bien sabido, presenta un rango alto de color, moviéndose entre el amarillo, violeta, blanco y hasta algunos

niveles de gris. Su amplia variedad se debe entonces a las impurezas y a la microestructura que presenta cada sílex.

Estas propiedades visibles son importantes porque pueden ayudar a juzgar la calidad de la muestra y a valorar como se podrá tallar la pieza, en este sentido los sílex oscuros suelen presentar un comportamiento más homogéneo ante los procesos de talla. Además de estos aspectos, estas propiedades han sugerido a algunos autores la posibilidad de la elección de determinados tipos de sílex por sus cualidades estéticas. Estas características son las que más se han estudiado, muy posiblemente, porque son las más fáciles de determinar a simple vista y no se necesita de equipos caros ni técnicas elaboradas. Estas propiedades son, además, producto de la interacción entre la luz y la materia y son las siguientes: color, transparencia, brillo, textura y estructura (Luedtke 1992, Tarrío 2006).

#### 3.2.1.1 Color

El color es la propiedad más obvia de la muestra y tiene a su vez distintos matices característicos, como la tonalidad (la parte del espectro cromático que es reflejada), la luminosidad (la relación de la proporción de luz que es reflejada respecto a la absorbida) y el aspecto cromático (la pureza de saturación del color). Un método eficaz para determinar este aspecto característico, ya que como sabemos por experiencia, el color es una de las características más subjetivas a las que se puede enfrentar cualquier especialista, es la tabla Munsell (2000) de determinación cromática. Esta tabla viene siendo utilizada por los investigadores para describir colores y tonalidades de suelos, rocas, etc., y está ampliamente utilizada por edafólogos y arqueólogos (Tarrío 2006).

¿Pero qué es lo que provoca que un sílex sea de un color u otro? Hay muchos motivos que pueden provocar estos cambios cromáticos en el sílex y se debe tener en cuenta que no siempre existe una relación directa entre un elemento específico y un color particular que se le asocie. La presencia de impurezas de minerales metálicos pueden colorear una muestra pero se debe dejar claro que un color concreto no nos permitirá deducir siempre su composición (Luedtke 1979). Otro factor que afecta a las propiedades cromáticas es el tamaño de grano.

#### 3.2.1.2 Transparencia

Teniendo en cuenta que la diafanidad es la propiedad de un material para dejar pasar la luz, las muestras de sílex se definen en relación a ello con términos que oscilan gradualmente desde la

transparencia, la translucidez y la opacidad. La diafanidad no es una propiedad absoluta y los sílex pueden ser descritos en muchos rangos intermedios entre los ya mencionados. El cuarzo es un mineral transparente y por lo tanto lo mismo debería esperarse del sílex, pero el grosor de la muestra, su tamaño de grano y las impurezas que presente tienen todo el protagonismo en este aspecto y toda la responsabilidad en el grado de diafanidad de una muestra, ya que afectan notablemente a esta propiedad. Podemos afirmar que aunque sí debemos registrar y documentar qué grado de transparencia tiene la muestra, es ésta una característica de cuantificación muy imprecisa. (Luedtke 1992, Tarrío 2006).

### 3.2.1.3 Brillo

El brillo se define como la propiedad de un material para reflejar la luz y tiene correlación con el índice refractario; un material puede definirse en relación a su brillo como vítreo, nacarado, metálico, ceroso y adamantino. El brillo puede verse afectado por el tamaño de grano, la meteorización de la muestra, su porosidad... pero también por el tratamiento térmico de la pieza y, cómo no, por la presencia de impurezas (Riba 1997; Tarrío 2006).

### 3.2.1.4 Textura y estructura

La textura viene definida como la relación entre los minerales constituyentes de una roca, y está definida por el tamaño de grano, su morfología y las relaciones de contacto entre estos granos (Riba 1997).

Dunham (1962) propuso una clasificación de la textura de las rocas carbonatadas según la relación existente entre los clastos y la matriz, de la roca y nosotros la adaptamos a nuestros sílex, rocas originalmente carbonatadas y posteriormente silicificadas.

La estructura se trata de la ordenación mutua de los componentes de una roca (minerales, cemento, porosidad, fósiles, etc.) o su ausencia según la textura, la petrofábrica y su heterogeneidad (Riba 1997) y se puede clasificar en laminada (fig. 23), de zonación concéntrica como los anillos de Liesegang<sup>2</sup>, geoda, de bioturbación etc.

---

<sup>2</sup> Se trata de concentraciones de hidróxidos de hierro y/o pequeños cambios texturales distribuidos tridimensionalmente en los lechos de calizas o calizas margosas (Vera et al. 2001).

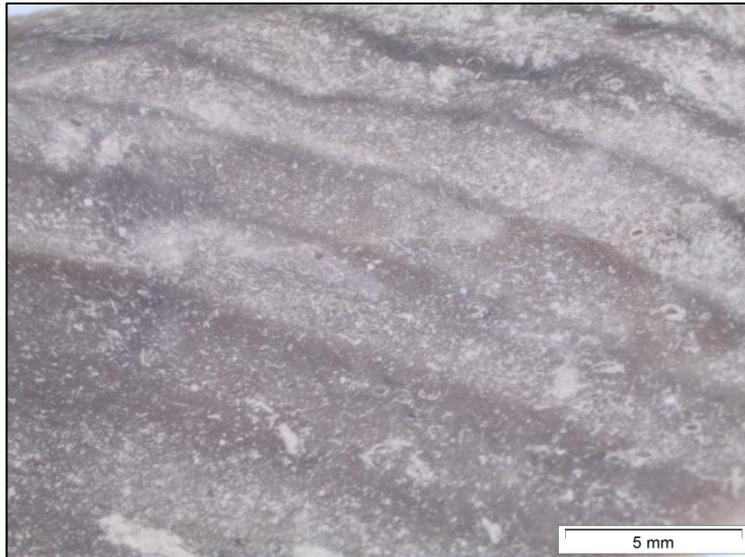


Fig. 23. Detalle de anillos de *Liesegang* observados en la muestra arqueológica de sigla "HB15.H7.1510", procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona) y clasificado como Tipo B. Lupa binocular.

#### 3.2.1.5 Texturas relictas o heredadas

Una de sa razones para introducir este apartado es que en nuestro caso particular, una gran proporción de las muestras del yacimiento de la Roureda (Castelló) fueron rocas carbonatadas posteriormente silicificadas, preservando visibles los elementos y sus relaciones entre ellos permitiéndonos la definición de estas características (fig. 24).

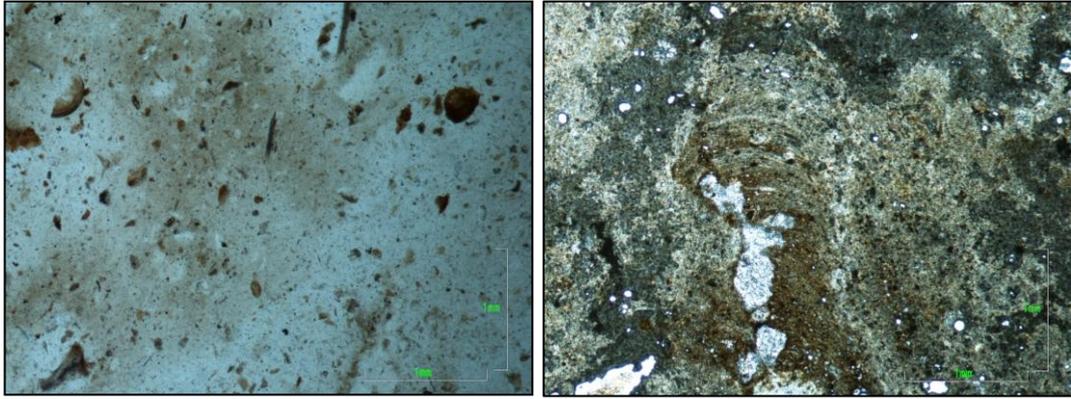


Fig. 24. Izquierda: muestra arqueológica de sigla "5", de sílex clasificado como Tipo D, procedente de La Roureda (Castelló) donde podemos apreciar la textura heredada Packstone de bioelementos fragmentados. Derecha: estructura estromatolítica hallada en la muestra arqueológica "SI", de sílex clasificado como tipo B, procedente de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico (nícoles cruzados, escala a 1 mm).

El reemplazamiento pseudomórfico es un proceso mediante el cual un mineral es sustituido por otro sin que se pierda el carácter sólido del conjunto (Riba 1997). Como hemos comentado antes, muchos de los sílex estudiados provienen del resultado del proceso de silicificación de sedimentos preexistentes, el material primigenio de los cuales (normalmente carbonatado) se ha visto reemplazado por sílice. Estas estructuras pueden ayudarnos en la investigación de su ambiente de formación y por ello es fácil encontrar sílex bandeados, laminados, moteados, con texturas relictas oolíticas y con mucha más frecuencia, con presencia de fósiles (fig. 25).

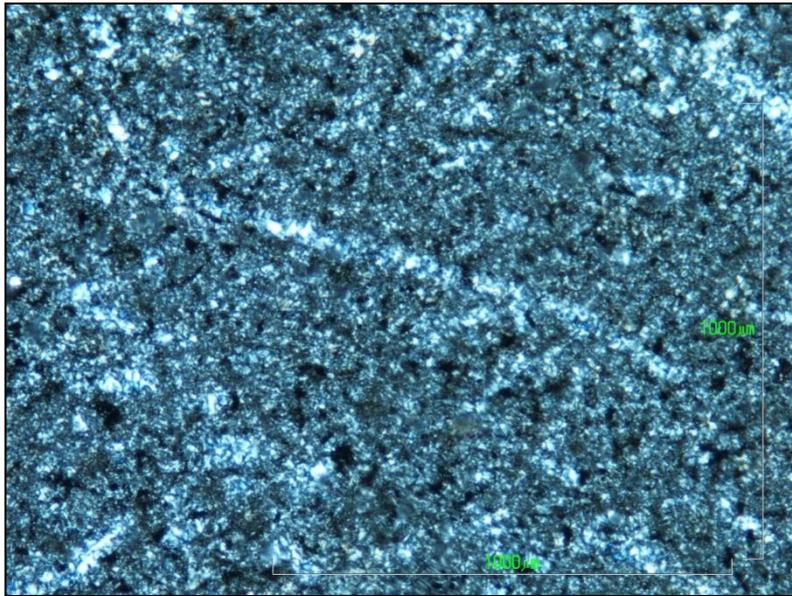


Fig. 25. Presencia de espículas relictas reemplazadas por calcedonia, solo observables con nicoles cruzados, halladas en la muestra arqueológica "E3C8sq21-5", de sílex clasificado como Tipo A variedad I, procedente de La Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nicoles cruzados, escala a 1000 μm.

### 3.2.2 Propiedades aportadas por las impurezas

Ninguna variedad de sílex está compuesta por sílice pura, absolutamente todas las variedades y tipos presentan algún tipo de impureza mineralógica o a nivel de elemento traza y son estas las responsables de algunas características visibles, son las que le dan su “personalidad” particular y hacen que se diferencien unas variedades de otras. Las impurezas presentes en un sílex en particular nos informan y son el reflejo de diferentes factores, de los tipos de roca adyacentes, la naturaleza y la cantidad de flora y fauna que habitaba en las aguas donde más tarde, se reemplazaría la roca preexistente, la naturaleza de los procesos de transporte de sedimentos al agua, la presencia de volcanes en la región y un sinfín más (Luedtke 1992), así que tienen una aplicación arqueológica directa ya que pueden facilitar la determinación de su origen.

Por norma general las impurezas mineralógicas más abundantes y que se encuentran en mayor proporción son, como ya hemos mencionado: minerales de las arcillas, yesos, carbonatos, óxidos de hierro y materia orgánica. Se trata de minerales de origen diagenético o que se encontraban presentes en el medio sedimentario que simplemente se incorporaron al sílex en su proceso de formación, por ejemplo la pirita, la hematites, la dolomita, etc. y por lo general se encuentran fuera de los cristales de cuarzo, porque la medida del radio iónico del silicio y su alta carga ( $4^+$ ) no permite un intercambio iónico con demasiada frecuencia (Luedtke 1992).

Para las impurezas - a nivel de elemento traza - el estudio de lámina delgada no es un buen sistema. Los sistemas más útiles para tal efecto son aquellos que determinan los elementos químicos, en especial las Tierras Raras, como: el Análisis por Activación Neutrónica, la Fluorescencia de Rayos X, la Absorción Atómica (Luedtke 1992) y el más utilizado, la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo.

### 3.2.3. Propiedades mecánicas

Las diferencias entre materias primas han condicionado a quienes trabajaban la piedra a la hora de escoger una u otra variedad porque estas diferencias condicionan la manera en que una piedra es tallada. Las situaciones de estrés (tensión) del material lítico afectan de manera diferente dependiendo del material del cual estemos hablando. Existen diferentes motivos por los que el sílex empezó a ser valorado y buscado por las comunidades prehistóricas y las dos razones que priman su uso son sus propiedades mecánicas intrínsecas, la dureza y su fractura concoide, y por otro lado, las consideraciones estéticas, simbólicas o ideológicas. Las propiedades mecánicas son las siguientes (Luedtke 1992).

#### 3.2.3.1 Propiedades que afectan a su fractura

La fractura concooidal es la manera cómo se fractura particularmente el sílex, y aunque es muy característica y conocida hay que tener en cuenta que las propiedades mecánicas varían incluso entre las mismas variedades de sílex. La homogeneidad es un aspecto clave para que el sílex no se quiebre por sitios no deseados en el momento de tallarlo; el exceso de impurezas o de fósiles, las irregularidades de la misma estructura cristalina, u otros aspectos que provoquen heterogeneidad en el sílex le desprovveen de la predictibilidad en su fractura. Gracias a esta manera de fracturarse, el sílex ha permitido confeccionar útiles líticos muy elaborados y funcionales, adaptados a cada tarea deseada.

#### 3.2.3.2 Dureza

La dureza de un material se define como la resistencia que tiene este material a ser erosionado, arañado o penetrado por un agente externo; o también como la resistencia que opone un material a ser rayado por otro. El método por el cual es medida es la escala de Mohs (fig. 26) que determina que minerales rayan a otros o son, a su vez, rayados por otros, pero debemos tener en cuenta que esta escala es relativa y no absoluta. La composición del sílex es en gran proporción cuarzo, por lo tanto, los sílex rondan el 7 en la escala de dureza de Mohs, pero

dependerán en parte del tamaño de cristal y de la presencia o ausencia de agua en sus intersticios (Luedtke 1992).

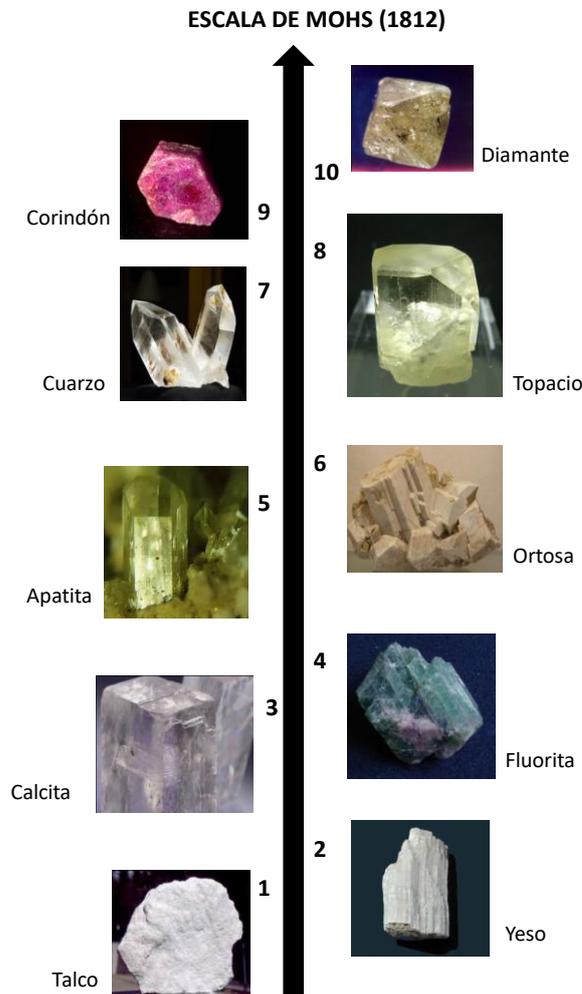


Fig. 26. Tabla de dureza de Mohs.

### 3.2.3.3 Tenacidad

Propiedad que se define como la medida de la cantidad de fuerza que debe de ser aplicada para poder producir una fractura. Los factores que controlan esta propiedad son la mineralogía, la granulometría (la tenacidad aumenta cuando el tamaño de cristal desciende (Luedtke 1992), las fracturas y porosidades y la presencia o ausencia de agua. A pesar de que el cuarzo es uno de los minerales más duros y sólidos, el sílex puede presentar un alto contenido en impurezas mucho más débiles que el cuarzo y su tenacidad depende de la totalidad de granos que confieren la muestra, que aunque la mayoría puedan ser de cuarzo, pueden existir muchos otros que no lo sean, como hemos visto antes en el apartado “Componentes no silíceos”.

#### 3.2.3.4 Elasticidad

La elasticidad se define como la capacidad que tiene un material a resistir las fracturas, o sea, la propiedad de un material a deformarse sin dejar un cambio permanente en su forma. La elasticidad de una roca viene determinada por su mineralogía, su granulometría y sus posibles grietas. Los materiales granulados son en general más elásticos que los cristales aislados, por lo tanto el sílex será un material más elástico que un cristal de cuarzo y así, en consecuencia, los sílex de grano más pequeño serán más elásticos que los sílex de grano más grueso. Los efectos que puedan causar las impurezas sobre la elasticidad de los sílex no han sido aún estudiados (Luedtke 1992).

### 3.3 La Micropaleontología del sílex

Los microfósiles conservados en el sílex pueden ser clasificados en dos grandes categorías, aquellos de origen mineral –carbonatados o silíceos- y los microfósiles conservados en estado de materia orgánica (Mangado 2004). Nosotros nos centraremos en el primer tipo de microfósiles: los de origen mineral, ya sea carbonatado o silíceo. Estos microfósiles pueden aparecer en distintos estados de conservación en una misma muestra, ya sea en estado óptimo o ya sea fragmentados e indeterminables, situación que dependerá de diversos factores, entre ellos la propia naturaleza química del fósil o de su proceso epigenético<sup>3</sup> (fig. 27).

---

<sup>3</sup> Proceso por el cual un mineral se reemplaza por otro (Riba, 1997).

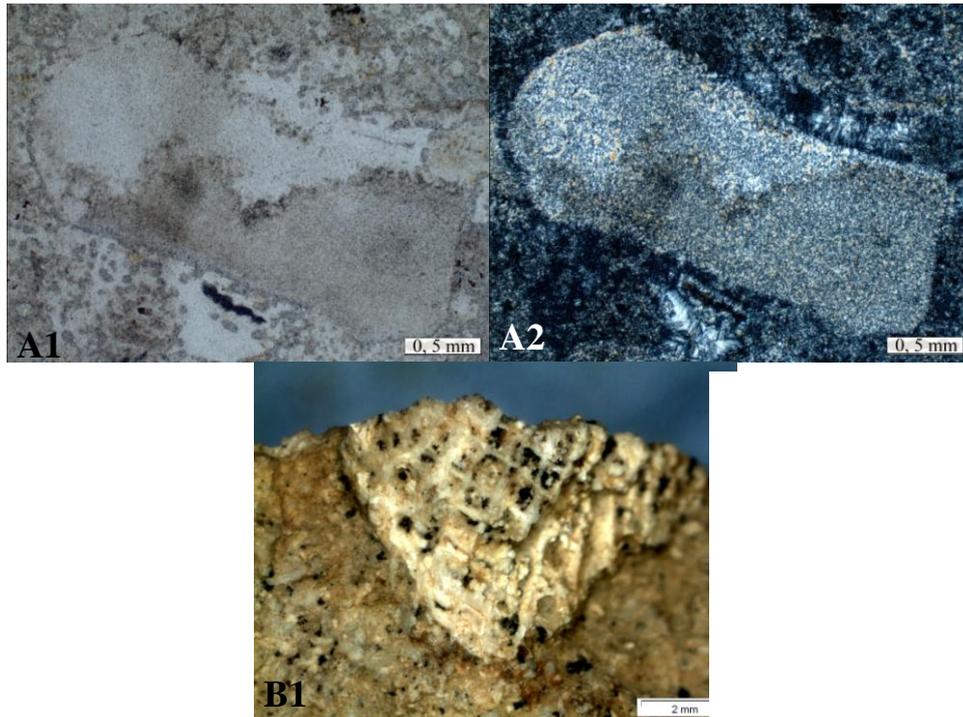


Fig. 27. A1 (luz transmitida) y A2 (nícoles cruzados): fragmento de equinodermo mal conservado procedente de la muestra "Les Grandes Tuileries Garat" (Rey-Solé *et al.* 2014b) . B1 (Lupa binocular): fragmento de equinodermo bien conservado procedente de la muestra "La Couronne-Cimenteries - Lafarge" (Rey 2011b). Las dos pertenecen a muestras geológicas de la Litoteca de la Charente (Rey 2011a).

### 3.3.1 Paleoecología y reconstrucción paleoambiental con microfósiles

Un microfósil, según la definición del diccionario (Riba 1997) es un fósil de tamaño pequeño que no se puede estudiar a simple vista, sino con un cierto aumento (lupa o microscopio). Como vemos, los microfósiles constituyen un subgrupo arbitrario, basado en el tamaño de sus componentes (foraminíferos, ostrácodos, etc.). El estudio de los microfósiles se realiza desde la disciplina conocida como Micropaleontología. Esta disciplina es considerada como una técnica de caracterización de las fuentes de aprovisionamiento de rocas silíceas económica, fiable y efectiva (Mauger 1984, Mangado 2004).

Los microfósiles han sido considerados desde siempre como excelentes marcadores de las condiciones paleoambientales del medio que habitaban (fig. 28) y, por lo tanto, a partir del estudio de los microfósiles que integran nuestras muestras es posible establecer una descripción de las diferentes biofacies ambientales: continentales (palustres, lacustres) o de plataforma marina (internas, externas, hemipelágicas y pelágicas).

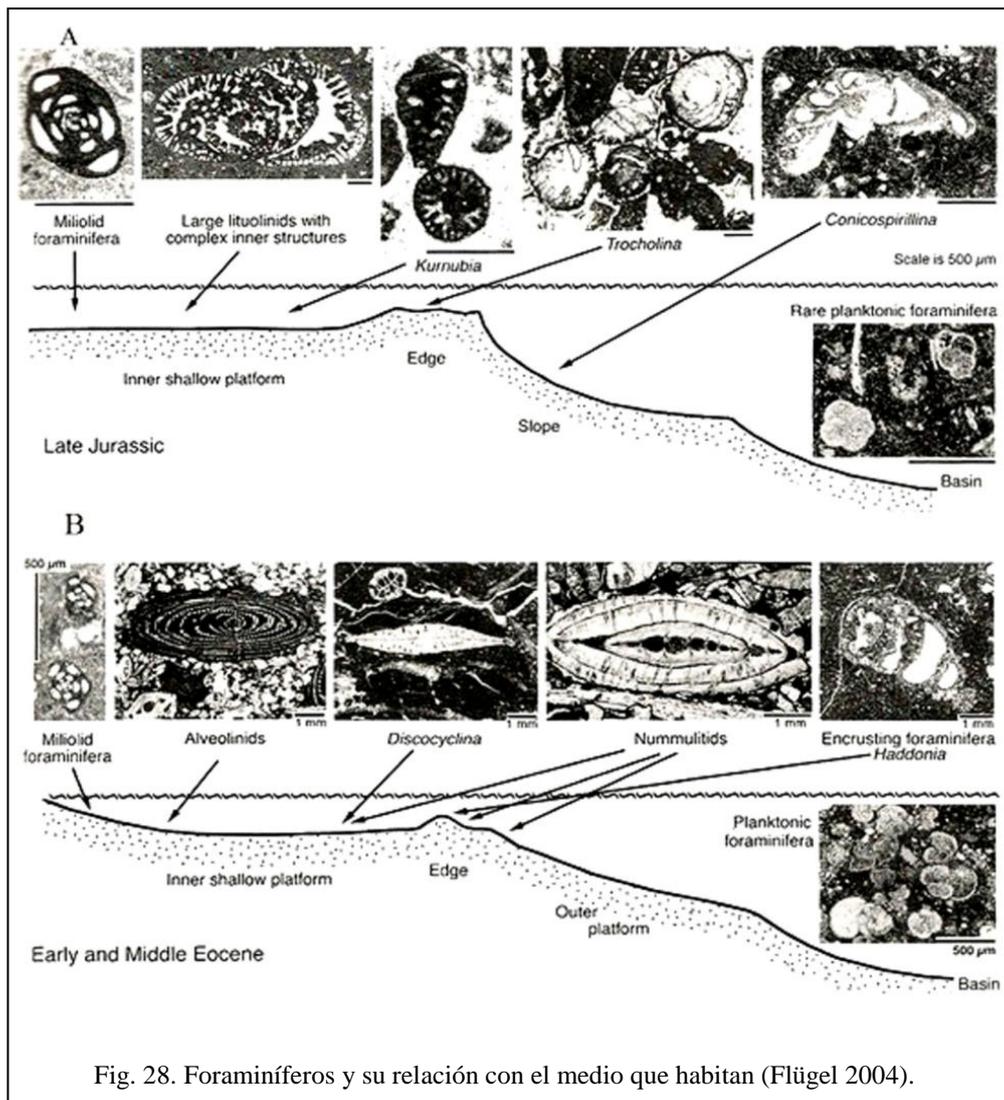


Fig. 28. Foraminíferos y su relación con el medio que habitan (Flügel 2004).

Las características medioambientales que determinan la distribución de los organismos se consideran factores limitantes o ecológicos, ya que determinan la distribución no sólo de las diferentes masas de agua, sino también la distribución de los organismos (Molina 2004).

La Paleoecología, o sea, el estudio de las relaciones mutuas entre los organismos y su ambiente en el pasado, nos permite la reconstrucción de paleoambientes, esto es, llegar a deducir cual era el ambiente que reinaba en el momento de la formación de las rocas que han llegado hasta nuestras manos en el presente; la identificación de taxones y sus asociaciones, o lo que es lo mismo, sus facies, es precisamente lo que nos permitirá un estudio más preciso y que aportará datos valiosos para poder así asignar a las muestras un contexto geológico preciso y reconocible en un mapa. Aunque el proceso de silificación transforma radicalmente la roca precedente, hay abundantes casos en los que los fósiles preexistentes se silifican también con el resto de la roca o bien permanecen relictos, pudiendo ser identificada aún su morfología.

En esta tesis doctoral el recurso a la micropaleontología se ha visto ciertamente limitado por las características de los materiales estudiados, sin embargo creemos que la micropaleontología merece estar presente en este bloque y por ello en este apartado vamos a presentar algunos de los microfósiles más frecuentes que se pueden hallar en las muestras silíceas, tanto de naturaleza marina como lacustre, aunque en diversas ocasiones los ejemplos no pertenezcan a los materiales analizados en este trabajo.

Hemos dividido la totalidad de microfósiles en grupos taxonómicos. Esta descripción de microfósiles no pretende ser exhaustiva, sino mostrar una pequeña introducción de cada tipo. Para determinar un cierto orden se ha creído oportuno describirlos teniendo en cuenta su grado de complejidad orgánica, empezando así por los organismos más complejos.

### Ostrácodos

Crustáceos de alto interés micropaleontológico ya que son una herramienta de especial valor en las reconstrucciones paleoambientales (Horowitz y Potter 1971). Viven en todos los medios acuáticos (marinos y lacustres) y sus valvas mineralizadas tienen suficientes características morfológicas para ser utilizadas en estudios sistemáticos de ecología. Los ostrácodos tienen gran valor bioestratigráfico en ausencia de microfósiles planctónicos.

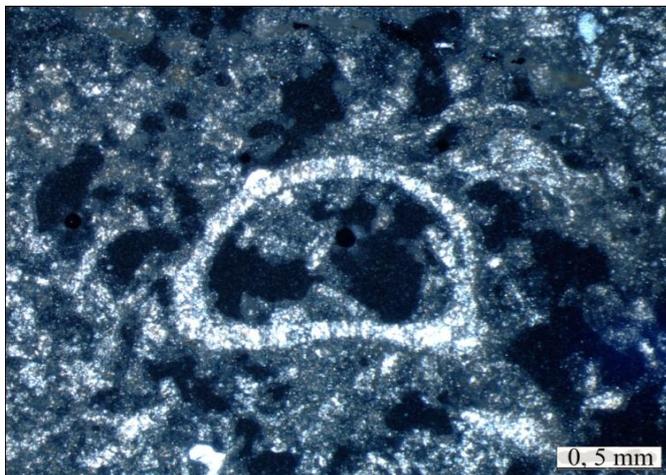


Fig. 29. Ostrácodo. Muestra procedente de Souté La Cave (muestra geológica de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico con nicoles cruzados (Rey 2011b).

Paleoecología: Debido a que las diferentes especies están limitadas por factores ecológicos como: salinidad, temperatura, sustrato y profundidad, son buenos caracterizadores de los medios ambientes. Son muy sensibles a los cambios medioambientales y por lo tanto muy importantes para reconocer paleosalinidades en el registro geológico (medio continental, marino o salobre), y también en estudios paleobatimétricos (Molina 2004) (fig. 29).

## Bivalvos

Moluscos acuáticos, marinos o de agua dulce, que se encuentran en los límites de la pleamar hasta los fondos abisales (Molina 2004).

Algunos fragmentos podrían pertenecer a rudistas. Son observables tanto a lupa binocular como a microscopio óptico (fig. 30)



Fig. 30. Fragmento de concha procedente de muestra arqueológica (sigla "1") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló) , Microscopio óptico y nícoles cruzados (1000 µm).

## Gasterópodos

Moluscos terrestres o acuáticos, que pueden ser tanto marinos como de agua dulce y que han colonizado hábitats diversos (fig. 31).



Fig. 31. Gasterópodo hallado en la muestra arqueológica de sigla "E3c5-6" procedente de la Roureda (Castelló).

Lupa binocular.

## Braquiópodos

Organismos exclusivamente marinos, del clado de los lofoforados, que aparecieron durante el Cámbrico inferior y que durante el Cretácico dominaban mares cálidos y someros. Los factores climáticos, medioambientales y el análisis de su distribución geográfica pueden ayudar en la reconstrucción biogeográfica del Paleozoico (fig. 32).



Fig. 32. Braquiópodo procedente de Cravands Gouterand (muestra geológica de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular (Rey *et al.* 2010).

Es difícil que vayan asociados a bivalvos, ya que estos últimos se adaptaron mejor a las condiciones acuáticas que los braquiópodos, desplazando a nichos ecológicos más restringidos (Molina 2004).

## Equinodermos

Todos los equinodermos pertenecen a hábitats marinos y colonizan todas las profundidades y temperaturas (Flugel 2006).

Pueden ser halladas dos clases de equinodermos, placas de equinoideo y artejos y placas tecaes de crinoideo y pueden ser observados tanto a lupa binocular como a microscopio óptico (fig. 33).

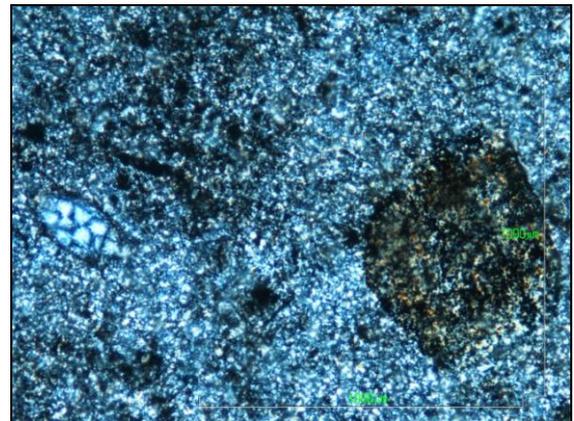


Fig. 33. Placa de equinodermo hallada en una muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados. escala a 1000 µm.

## Briozoos

Tienen una gran importancia en las facies donde otros organismos son raros o inexistentes y pueden ser marcadores bioestratigráficos.

Paleoecología: existe una relación clara y directa entre el hábito (morfología) de crecimiento colonial (formas masivas e incrustantes en medios turbulentos y formas ramificadas en aguas tranquilas) y la hidrodinámica del medio sedimentario donde se desarrolla la colonia. Son muy abundantes y dependientes de los factores ambientales, aunque fragmentados son de fácil identificación y también proporcionan información sobre la perturbación del medio. Presentes en todos los océanos de salinidad normal (estenohalinos), de baja tasa de sedimentación y con temperaturas cálidas como son las zonas arrecifales. En el registro fósil son comunes en rocas de plataformas calizas y asociados a corales, braquiópodos, equinodermos y conchas (Molina 2004) (fig. 34).

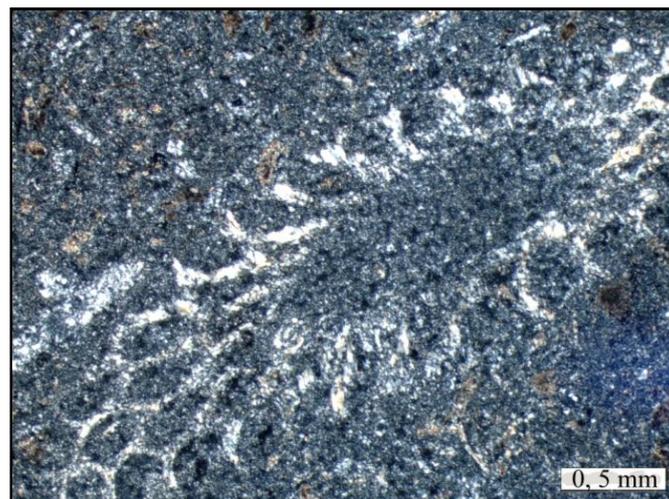


Fig. 34. Briozoo procedente de La Petite Courriere – Torsac (muestra geológica procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico con nícoles cruzados (Rey 2011a).

## Espículas (poríferos)

Al encontrarse dispersas en el sedimento es difícil asignar con seguridad las formas fósiles, lo que sí es cierto es que las espículas, en sedimentos silíceos, van asociadas a los radiolarios e incluso pueden formar rocas exclusivas (espiculitas). Su sistemática es parataxónica, es decir, artificial y se divide en: calciesponjas (espículas calcáreas), hexactinélidas (espículas silíceas triaxónicas) y demosponjas (espículas silíceas monaxonas, tetraxonas). Las que focalizan

nuestro interés son las dos últimas clases. La presencia de espículas denota un dominio paleogeográfico marino cercano a la plataforma externa (Bressy 2003) aunque también se pueden hallar en ambientes continentales (Com. oral. Dra. Bustillo).



Fig. 35. Espícula procedente de muestra arqueológica (de sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda. Microscopio óptico, luz paralela (100  $\mu$ m).

Paleoecología: Las esponjas tienen bastante interés paleoecológico y son buenas indicadoras batimétricas. Las hexactinélidas están adaptadas a aguas frías y a mayor profundidad, y las calciesponjas están restringidas a aguas tropicales.

Su aplicación biostratigráfica está todavía poco desarrollada pero, por su amplia distribución

espacial y cronológica puede resultar un grupo potencialmente muy interesante (Molina 2004) (fig. 35).

### Foraminíferos

Protistas unicelulares cuya concha puede fosilizar, a continuación describimos las variedades más habituales reconocidas en el sílex (Rey 2011a):

Orbitolínidos: grupo de macroforaminíferos bentónicos (de 1 mm a 6 cm), complejos y aglutinados, que se utilizan como indicadores bioestratigráficos y paleoambientales.



Fig. 36. Orbitolínioideo hallado en una muestra Procedente de Saint Hilaire de Villefranche – Les Boils des Chails (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular. (Rey 2011a).

Se utilizan para la bioestratigrafía del Cretácico inferior ya que son un grupo extinto: Jurásico medio - Paleógeno. Tienen un alto valor biocronoestratigráfico porque permiten datar formaciones.

Paleoecología: Al ser aglutinados resisten mejor las variaciones de la masa de agua y los bajos niveles de  $O_2$ , y por lo tanto, son indicadores de las propiedades dinámicas del medio ambiente, sobre todo en medios de albufera. Típicos de mares cerrados o semicerrados de baja salinidad (Molina 2004) (fig. 36)

Milioloideos: Grupo de foraminíferos bentónicos que pertenecen al suborden Miliolina, que aparecieron en el Carbonífero, de concha calcítica aporcelanada de gran importancia bioestratigráfica y paleoecológica. El color de la concha ya nos proporciona información, cuanto más transparente es ésta más salino es el medio en que habita el miliólido y cuanto más oscura es, menos salino resulta el medio. Normalmente las concentraciones de miliólidos aparecen en medios hipersalinos.

Paleoecología: la mayoría corresponden a medios someros de la zona nerítica (entre 7 y 150 m). Los aporcelanados más simples, milioloideos, viven en aguas poco profundas y agitadas, en condiciones hipersalinas, asociados a algas y foraminíferos aglutinados.

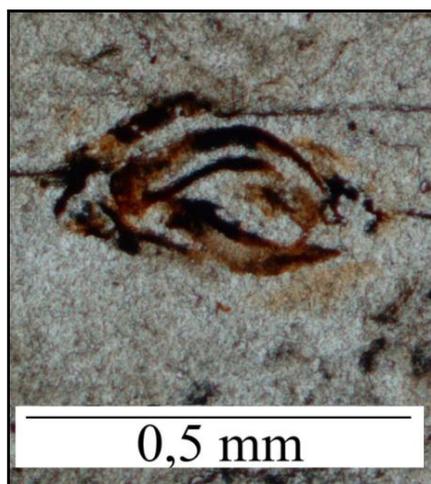


Fig. 37. Milióloideo –posible Ophthalmidium- procedente de La Petite Courrière – Dirac (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico, luz paralela (Rey 2011a).

Bioestratigrafía: las formas más simples tienen poco interés, pero las más complejas como Alveolina, Lacazina o Orbitolites son muy especializadas y muy sensibles a los cambios medioambientales y tienen una distribución vertical muy corta. Permiten hacer biozonaciones. Los aporcelanados más complejos viven en medios poco profundos de aguas tranquilas y de sedimentación lenta, de una profundidad comprendida entre 0 a 45m (zona fótica), una temperatura de 25-30 °C y en condiciones hipersalinas, es decir, de aguas tropicales o sub-tropicales (Molina 2004, Flügel 2006) (fig. 37).

#### Otros foraminíferos

Este subapartado se refiere al hallazgo del resto de foraminíferos que no han podido ser identificados y por ello, al ser bastante comunes en nuestras muestras, hemos creído conveniente describirlos según su morfología y disposición de sus cámaras. Hallamos foraminíferos seriados, espiralados e incluso formas mixtas (fig. 38 y 39).

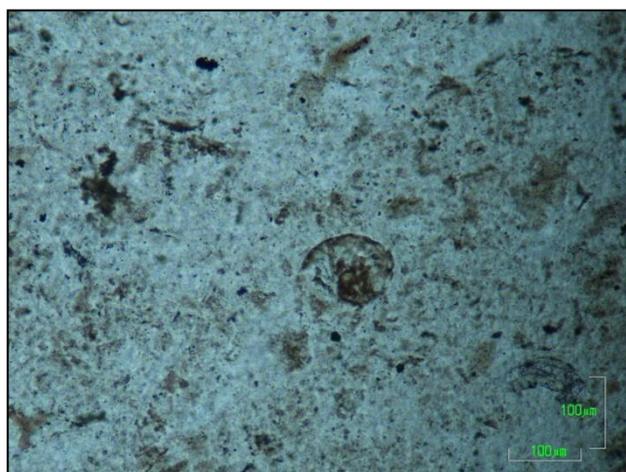


Fig. 38. Foraminífero planiespiralado hallado en muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico y nícoles cruzados (100 µm).



Fig. 39. Izquierda y medio: ejemplos de foraminíferos diferentes hallados en dos muestras arqueológicas (siglas "E3c8sq4-16" y "Cast I-1c"). Derecha: *internal lining* (Com. pers. del Dr. Carles Martín-Closas) de algún tipo de foraminífero hallado en muestra arqueológica (sigla "CastI-1c"). Las tres procedentes del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados y escala 100 µm.

### Tintínidos

Este tipo de organismos, aún y no haberse hallado en las muestras de estudio, los mencionamos a modo de ejemplo. Se trata de protozoos ciliados que constituyen un componente importante del zooplancton microscópico, poseen un caparazón externo –lóriga- en forma de copa o tubo de composición orgánica (formada por restos esqueléticos de otros organismos) (Molina 2004). El ejemplar hallado es una forma afín (Martín-Closas, comunicación personal) procedente de una muestra geológica procedente de la Litoteca de la Charente (fig. 40).

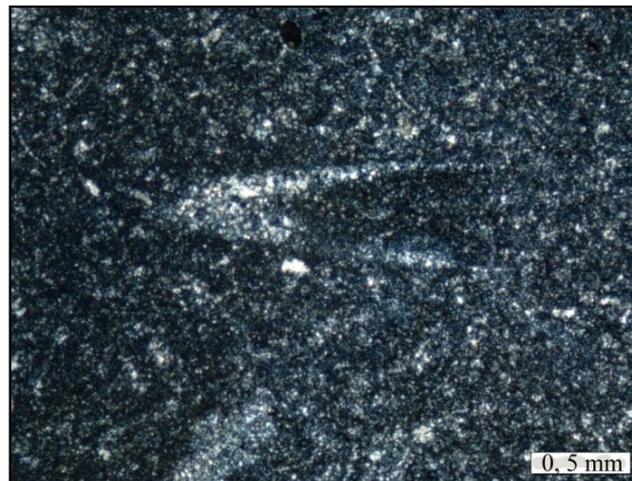


Fig. 40. Forma afín a tintínido procedente de Saint Vaize-Port la Pierre (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico, nícoles cruzados (Rey 2011b).

## Radiolarios

Los radiolarios son protozoos de la clase Actinopoda, clase muy heterogénea, y todos forman parte del zooplancton marino. La enorme diversidad morfológica de sus esqueletos determinó la creación de dos superórdenes basados en su simetría (Molina 2004) y el gran acúmulo de éstos puede dar lugar a radiolaritas, un tipo de roca sedimentaria silíceá de gran homogeneidad. Pueden hallarse radiolarios de distintas morfologías, esféricos, tubulares, etc. (fig. 41)

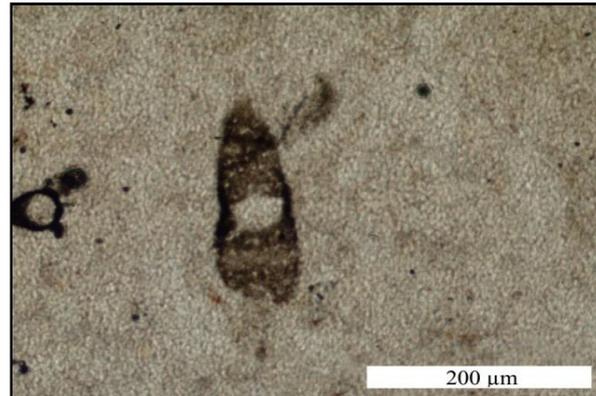


Fig. 41. Posible radiolario tubular procedente de Mouthiers (muestra procedente de la Litoteca de la Charente ). Microscopio óptico, luz paralela (Rey-Solé, *et al.* 2014b).

## Diatomeas

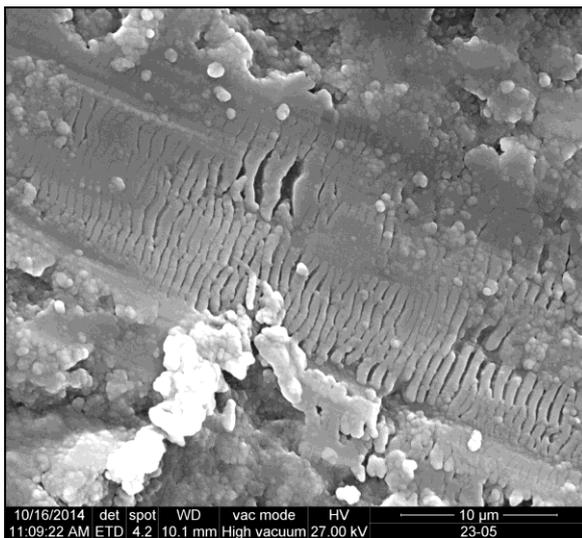


Fig. 42. Diatomea hallada en la muestra geológica procedente de La Fatarella, (Dra. Bustillo, com. pers.).  
MEB.

Algas unicelulares muy comunes que forman parte del fitoplancton; pelágicas y con la pared de sílice opalina. Marinas, terrestres o de aguas salobres, son algas muy valoradas por su significado, suelen hallarse en aguas de alta calidad medioambiental y son útiles porque dan pistas sobre los cambios climáticos (Molina 2004) (fig. 42).

## Clorófitos / Algas verdes



Fig. 43. Dasielasma procedente de Soute la Cave (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). (Dr. Martín-Closas, com. oral). Lupa binocular (Rey *et al.* 2010).

Algas calcáreas abundantes en sedimentos detríticos de medios relativamente someros o de lagunas costeras. Tienen un gran interés micropaleontológico, ya que son un componente minoritario respecto al resto de la fauna y flora marina. Colonizan el fondo arenoso de los primeros metros de profundidad y en medios de poca energía, como pueden ser las lagunas costeras; habitan medios de salinidades de

nivel normal y están ausentes en aguas frías. Se han propuesto biozonaciones locales para el Mesozoico (Molina 2004) (fig. 43).

## Algas carofíceas

Las algas carofíceas (fig. 44), o carofitas simplemente, son una división de algas verdes de gran diversidad morfológica, cuya discriminación puede ayudar en gran medida a la diferenciación de ambientes o formaciones, y por ende, a sus localizaciones geológicas o geográficas. Dichas algas pueden ayudar a datar sedimentos y a establecer paleoambientes (Climent-Domènech *et al.* 2009), así que se trata de un elemento biológico e indicador micropaleontológico de gran importancia que puede ayudar a determinar, o al menos a delimitar, formaciones que lo contengan.

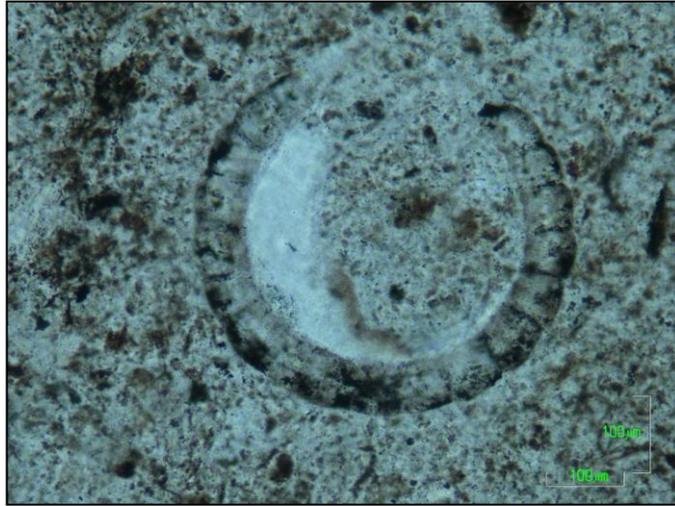


Fig. 44. Carofita hallada en muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló).  
Microscopio óptico y nícoles cruzados.

Otros

Restos vegetales

Restos que pueden informarnos sobre el paleoambiente, pudiendo proceder de árboles, arbustos u otras formas vegetales (fig. 45).



Fig. 45. Rama silicificada procedente de una muestra de Garat (muestra procedente de la Litoteca de la Charente).  
Lupa binocular (Rey 2011a).

## Bioturbación



Fig. 46. Bioturbación producida por anélido procedente de Saint Vaize – Ancient Usine (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular (Rey *et al.* 2010).

La bioturbación es el proceso de perturbación, removimiento y degradación posterior de las estructuras primarias de un sedimento, a consecuencia de los organismos que viven en él (Riba, 1997). Se presentan mayormente producida por animales invertebrados, como anélidos de la especie *Aelisaccus*. La pista fosiliza posibilitando la demostración de su existencia (Rodríguez Tovar 2010) (fig. 46).

## *Incertae sedis*

Esta denominación incluye un tipo de evidencias con una morfología que recuerda a algún tipo de bioturbación y no se corresponde como ningún componente esquelético, ya que recuerda a una especie de galería. Se encuentra en numerosas muestras de diferentes procedencias y algunas veces aparece tintada en materia orgánica o en algún tipo de óxido (fig. 47).



Fig. 47. *Incertae sedis* procedente de Mouthiers-sur-Boëme - Les Martins (muestra procedente de la Litoteca de la Charente) Lupa binocular (Rey 2011a).

### **3.4 Conclusiones**

Este capítulo, de temática plenamente geológica, se ha realizado a modo de preámbulo introductorio con la intención de dar a conocer los vastos conocimientos y la complejidad que supone realizar una buena caracterización de las materias primas silíceas. Por un lado, se ha considerado necesario presentar los componentes no orgánicos y por otro, los orgánicos, haciendo un extenso compendio de elementos susceptibles de ser hallados en cualquier tipo de roca sedimentaria silícea.

Creemos que este ejercicio es básico para intentar resolver cualquier otra disquisición de carácter prehistórico que se quiera realizar en cualquier tipo de investigación arqueopetrológica relacionada con las materias primas silíceas. A lo largo de la redacción se apreciará en qué manera todos estos conocimientos pueden inbricarse y aplicarse en una trama prehistórica.



## BLOQUE III: CONTEXTO GEOLÓGICO Y ARQUEOLÓGICO DE LA INVESTIGACIÓN

### 4. ESTUDIO GEOLÓGICO DE LAS ZONAS

#### 4.1. Introducción

En este capítulo se va a explicar a grandes rasgos la geología de las zonas adyacentes a los dos yacimientos caso de estudio: el abrigo de l'Hort de la Boquera, situado en la comarca del Priorat, en la provincia de Tarragona, y el abrigo de la Roureda, situado en la comarca dels Ports, en Castelló. Unos 170 km separan a los dos yacimientos, los cuales, pertenecen a distintas unidades geológicas (fig. 48).

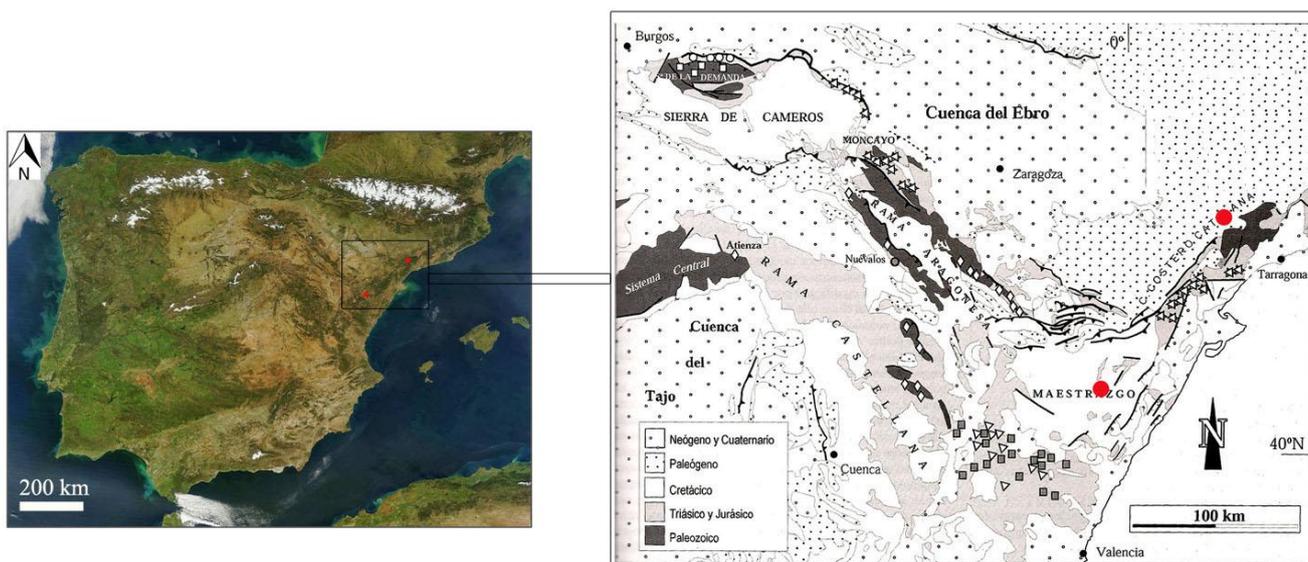


Fig. 48. Imagen de la Península Ibérica y detalle de la localización de los dos yacimientos, l'Hort de la Boquera, situado al noreste y La Roureda, al suroeste. Modificado de [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov). y de Vera (2004).

La Cadena Ibérica, entendida como el conjunto formado por la Cordillera Ibérica (en adelante C.I.) y la Cordillera Costero Catalana (o Catalánides en adelante), son un conjunto de estructuras alpinas amesetadas situadas a oriente de la Península Ibérica y en el antepaís de los Pirineos y de la Cordillera Bética, formando parte de la misma unidad tectónica (fig. 49). Ambas unidades, C.I. y Catalánides, enlazan en sus extremos oriental y meridional, a través del Maestrat (Vera 2004).



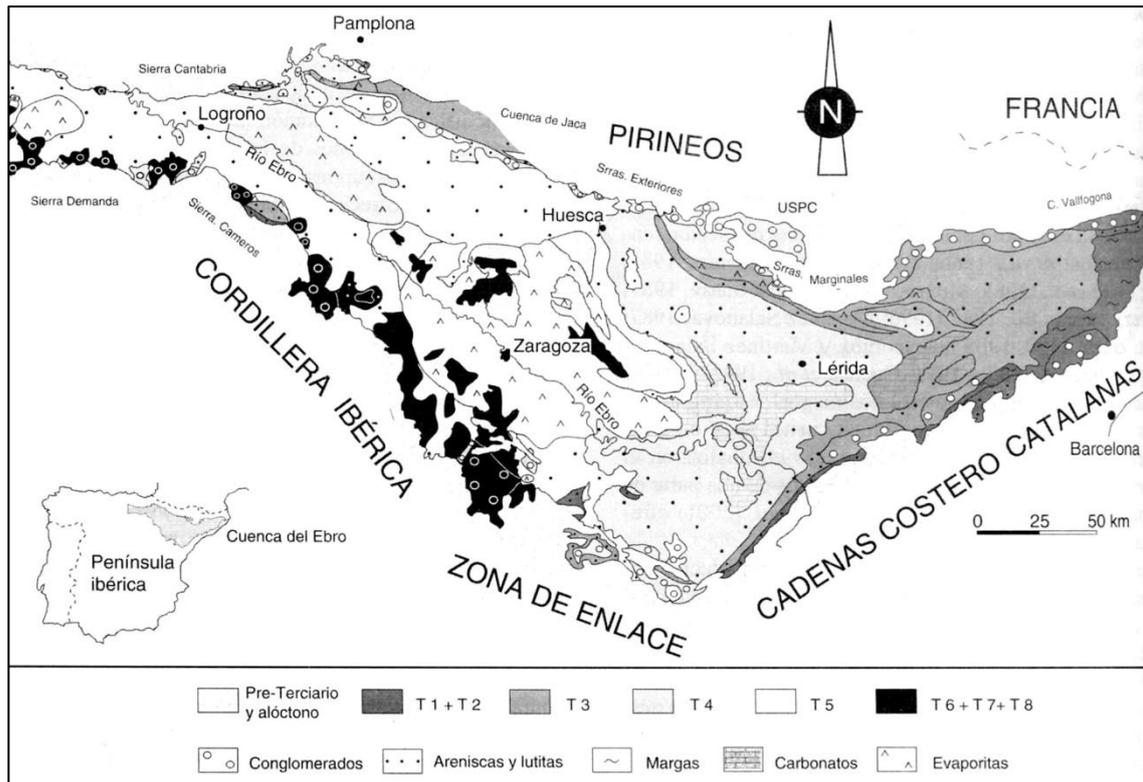


Fig. 50. Localización y unidades tectosedimentarias de la cuenca del Ebro. Vera (2004).

En las proximidades del margen sudeste de la cuenca hallamos depositadas las siguientes unidades con sus respectivas formaciones (de base a techo) (Colombo 1986).

Unidades Litoestratigráficas (fig. 51).

- Fm Mediona (Paleoceno)
- Grupo Cornudella (Complejo Ulldemolins, Fm Morera del Montsant) (Eoceno inferior-medio)
- Grupo Barberà (Fm Sarral, Fm Sant Miquel de Montclar, Fm Montblanc, Fm Blancafort) (Eoceno medio – superior)
- Grupo Scala Dei (Fm Montsant con 2 miembros: miembro de Sant Joan del Codolar y miembro de la Creu Corbatera, Fm Margalef, Fm Flix) (Eoceno medio – Oligoceno).

Unidades Superiores

- Fm Fatarella (Oligoceno superior – Mioceno inferior)
- Unidad Cuesta de Fraga (Mioceno inferior)
- Unidad Torrente de Cinca (Mioceno Inferior - Chattiense- Aquitaniense)

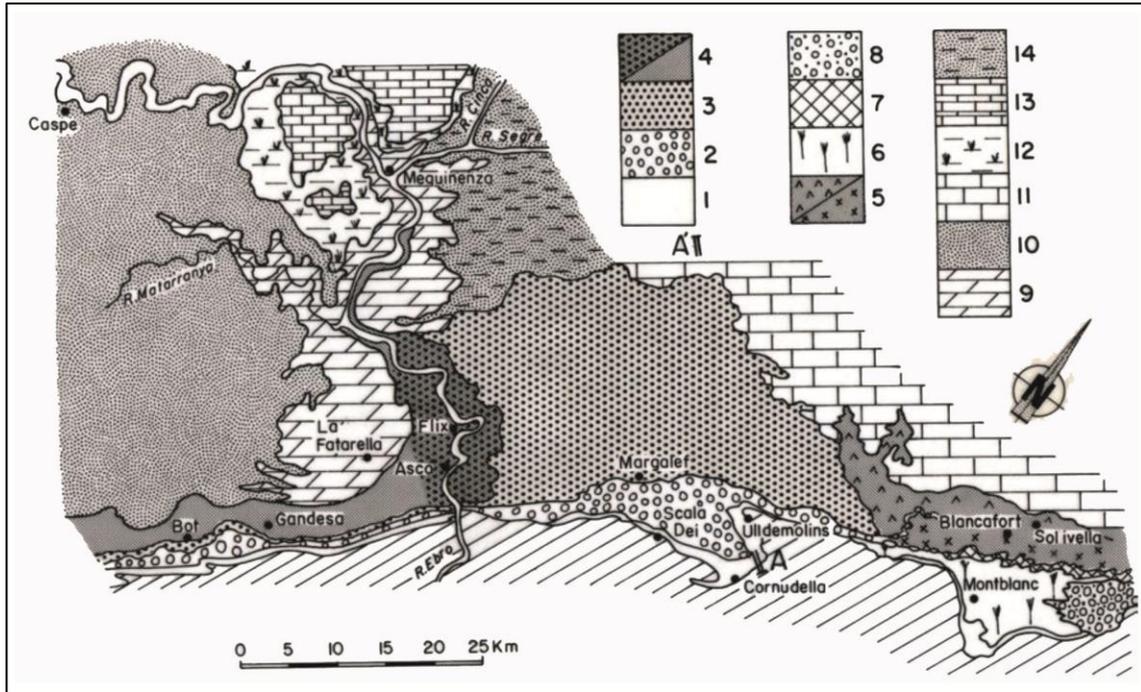


Fig. 51. Esquema de la distribución cartográfica de las diferentes unidades estratigráficas de ámbito regional. Grupo Cornudella (1); Grupo Scala Dei, Fm Montsant (2), Fm Margalef (3), Fm Flix (4), Fm Blancafort (5); Grupo Barberà, Fm Montblanc (6), Fm Sarral (7), Fm Sant Miquel del Montclar (8); Unidades superiores, Fm Fatarella (9), Fm Caspe (10), Fm Talladell (11), Unidad Cuesta de Fraga (12), Unidad Torrente de Cinca (13) y Fm Urgel (14) (Colombo 2013).

L'Hort de la Boquera está localizado dentro del Grup Scala Dei y más particularmente en el límite de la Fm Montsant con la Fm Margalef (fig. 52).

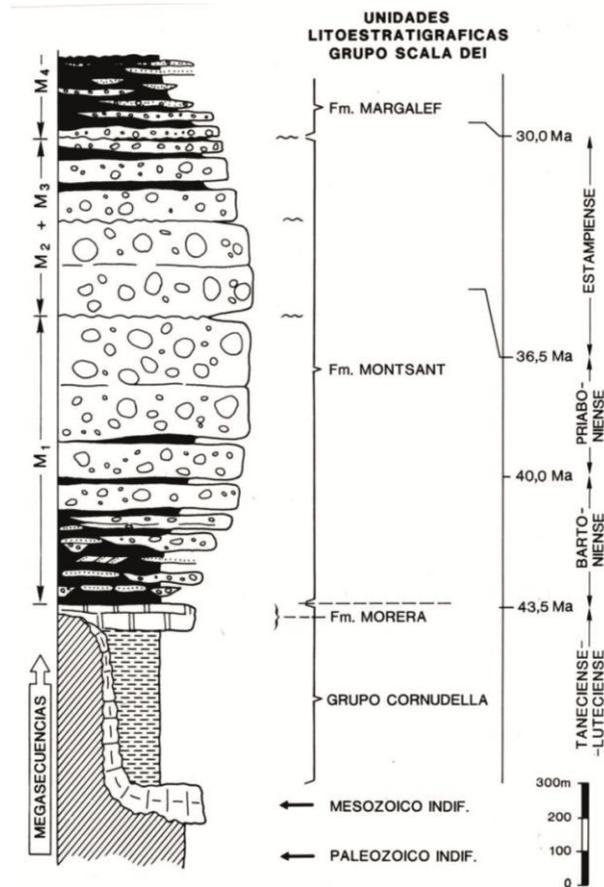


Fig 52. Corte estratigráfico de las diferentes formaciones que componen el Grupo Scala Dei (Colombo 2013).

Geográficamente el abrigo está enmarcado por la Sierra del Montsant, sierra formada por una serie muy potente de conglomerados de espesor variable, matriz arenosa y cemento calcáreo. Estos materiales han sido erosionados diferencialmente por el río Montsant, que nace en la sierra de Prades a 1000 m.s.n.m., depositando paquetes de materiales sedimentarios a base de cantos, gravas, arenas y arcillas (Domènech 1997). Veremos más adelante, como incide esta característica en nuestra investigación.

### 4.3 Marco geológico relacionado con el abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló)

En este apartado vamos a centrar nuestra atención en dos de los accidentes geográficos principales que enmarcan geológicamente al yacimiento de la Roureda: la Zona de Enlace y la cuenca del Maestrat.

#### 4.3.1 La Zona de Enlace

Este sector conecta las estructuras NE-SO de la cordillera costera catalana con las NO-SE de la rama aragonesa. En el límite sur se produce un paso gradual y menos definido a la rama castellano-valenciana (Vera 2004) (fig. 53).

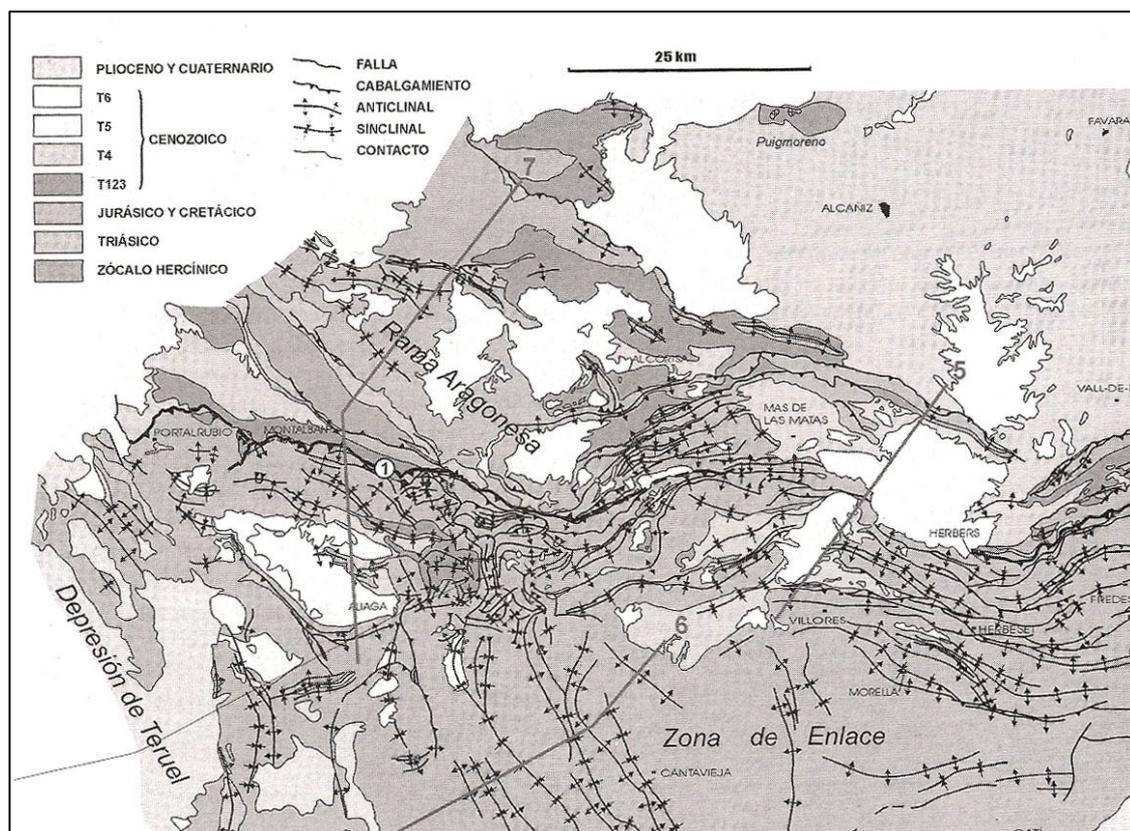


Fig. 53. Vista de la situación de la Zona de Enlace. Vera (2004).

La Zona de Enlace tiene una dirección E-W y su estructura de 6500 m de potencia se divide en 4 unidades litoestratigráficas.

En el área de la Cuenca Ibérica y durante la segunda fase del *rifting* - durante el tránsito del Jurásico Superior al Cretácico inferior- se desarrollaron a su vez 4 cuencas mesozoicas intracontinentales de acusada subsidencia, entre ellas, la cuenca del Maestrat (Canerot 1980).

#### 4.3.2. Cuenca sedimentaria del Maestrat

El Maestrat designa el área geográfica que comprende el sector oriental de la C.I. y la zona de Enlace con las Catalánides; dando nombre a una de las cuencas sedimentarias mesozoicas más importantes de la Península Ibérica (Mata-Perelló 2010).

Situada en el margen oriental de la placa ibérica, esta cuenca mesozoica está caracterizada por estar rellena con materiales procedentes del Cretácico superior e inferior y del Jurásico (Mata-Perelló 2009); predominantemente carbonatos marinos someros interrumpidos por sistemas clásticos de carácter deltaico (Vera 2004). Su proceso de relleno se llevó a cabo durante el Aptiense basal y el Albiense y a su vez se divide en varias subcuencas (Salas y Guimerà 1996, Querol y Solé de Porta 1989) (fig. 54).

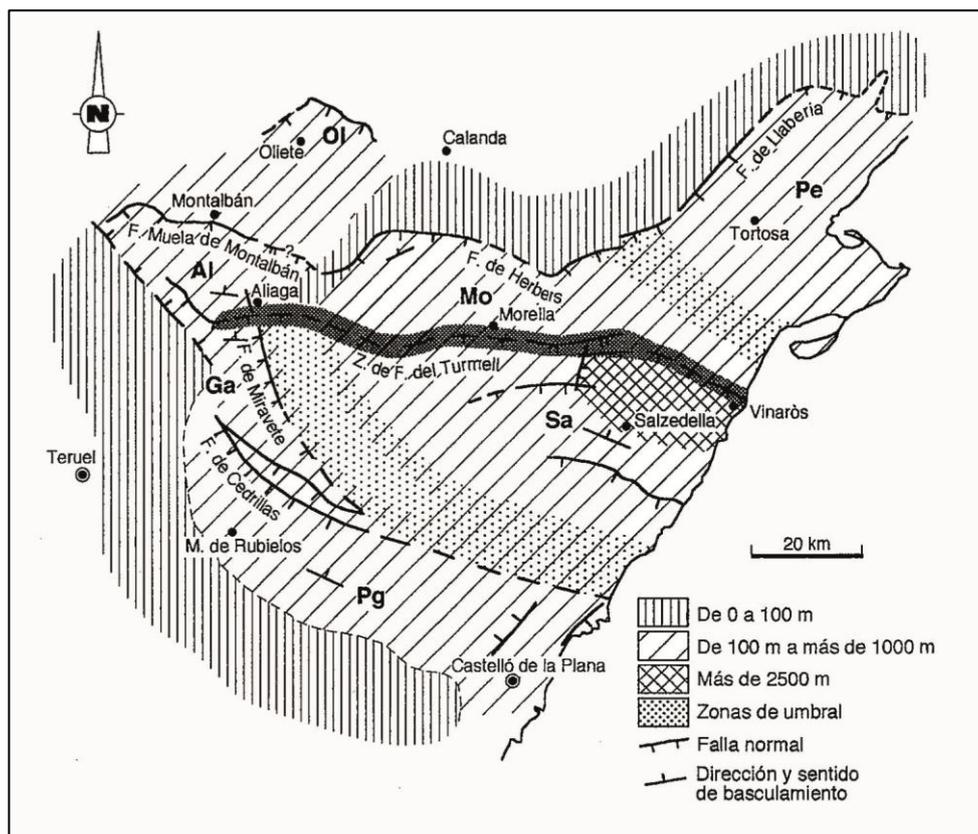


Fig. 54. Esquema estructural de la cuenca del Maestrat y su subdivisión en subcuencas: Pg penyagolosa, Mo Morella, Ga Galve, Sa salzedella, Ol oliete, Al aliaga, Ep el Perelló. (Salas y Guimerà 1996).

Las principales formaciones cretácicas depositadas en la cuenca (de base a techo) son: (Vera 2004, Sos 1981).

- Fm Morella, Fm Cervera (Aptiense basal)
- Fm Chert, Fm Forcall, Fm Villarroya (Aptiense)
- Fm Escucha (Albiense medio)
- Fm Utrillas (Albiense superior).

El abrigo de la Roureda se sitúa en la formación Utrillas del Albiense superior, de calizas bioclásticas, margas, calizas con Orbitolinas y nivelillos arenosos (IGME 569 Hoja de Mosqueruela).

## 5. LOS YACIMIENTOS CASO DE ESTUDIO: DOS ABRIGOS FINIPALEOLÍTICOS

### 5.1. El abrigo de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona)

#### 5.1.1 Localización y descripción

El yacimiento de l'Hort de la Boquera se localiza en el municipio de Margalef de Montsant (Priorat, Tarragona), a unos 400 m de la misma población, en dirección Ulldemolins (García-Argüelles 1983) (fig. 55 y 56).

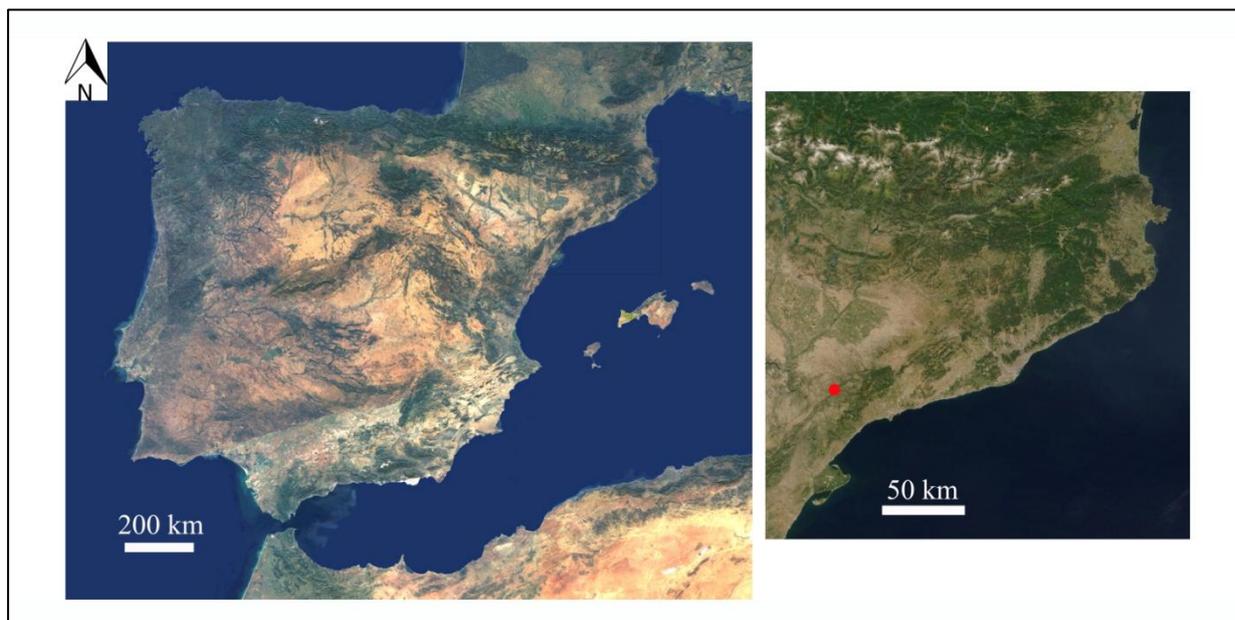


Fig. 55. Localización del yacimiento. Modificado de [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov).

Se trata de un pequeño abrigo, de formación conglomerática e intercalaciones de areniscas margo-arcillosas, de poco más de 9 m de longitud, 4 m de profundidad y con parte de la visera fragmentada (fig. 57). Está orientado al S-SE, localizado en una de las terrazas del río Montsant, a 24,7 m por encima de su nivel actual y a unos 400 m.s.n.m. Sus coordenadas son: (E(X):312108.8m - N(Y):4573254.3m UTM 31N/ETR S89) (García-Argüelles 1983).

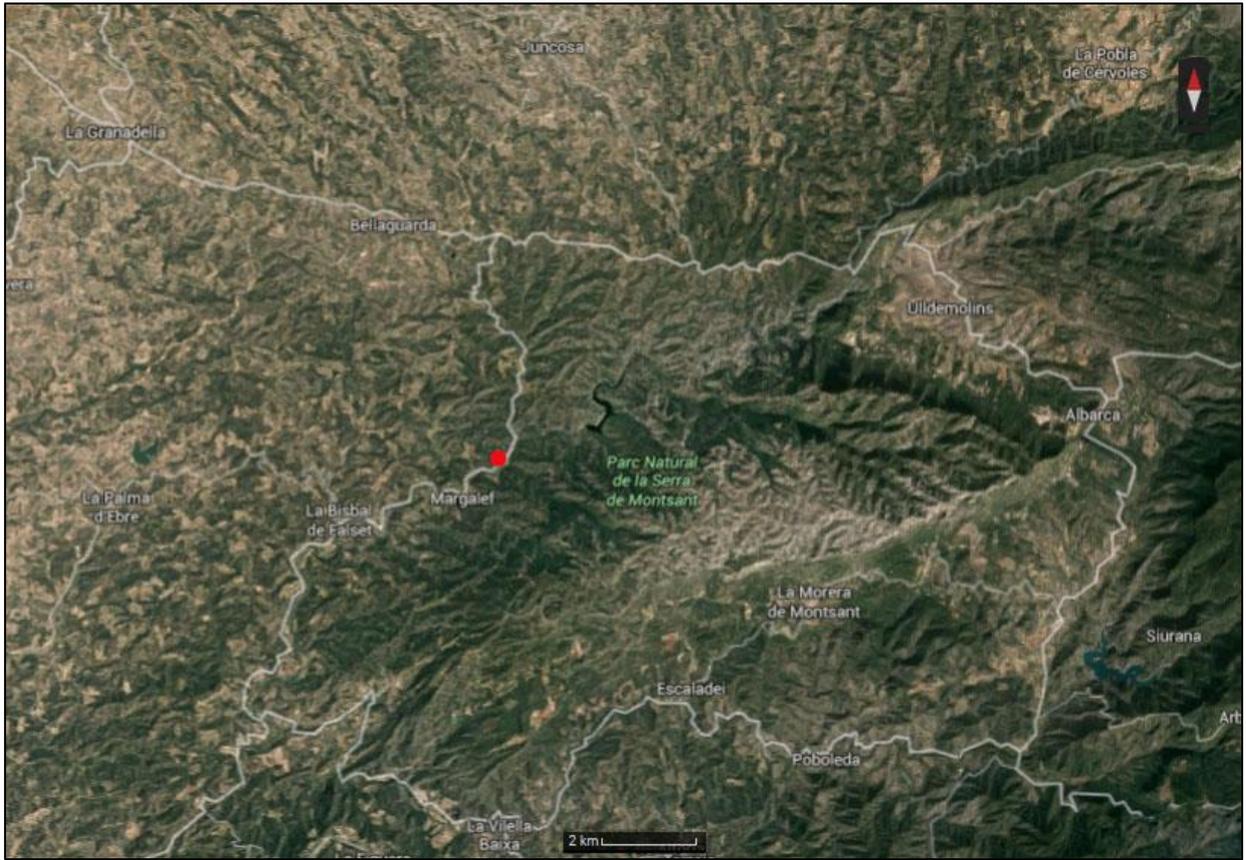


Fig. 56. Mapa de situació de l'Hort de la Boquera. Modificado de Institut Cartogràfic de Catalunya ([www.icc.cat](http://www.icc.cat))  
Escala 2km.



Fig. 57. Vista general del abrigo de l'Hort de la Boquera. Autora: Dra. M. Pilar García Argüelles.



A partir del año 1978 la Universidad de Barcelona inició un programa de excavaciones en el curso medio del Montsant en el que se reexcavó El Filador (1979-1997) y se empezaron a realizar prospecciones sistemáticas en la zona. En el primer año, 1979, fue localizado el abrigo de L'Hort de la Boquera (García-Argüelles 1983) junto con otros asentamientos de superficie como L'Hort d'en Marquet (Fullola y García-Argüelles 1980) o El Planot (éste último con materiales de tipo musteriense, situado en la terraza más alta del río) y se reconocieron otros asentamientos ya mencionados por Vilaseca y con un potencial de futuro muy positivo como la cova de la Jaia o los Tormos d'en Celoni, entre muchos otros. cuyo interés ha provocado la realización de numerosos estudios, entre ellos la tesis de la Dra. Maria Pilar García- Argüelles (García- Argüelles 1990), parte de las tesis de la Dra. Maria Mercè Bergadà (1998) y del Dr. Jordi Nadal (1999) y las tesinas de Ramiro Doce (1988) y Núria Rodríguez Baylach (2011).

### 5.1.3. Características geoarqueológicas de la zona

La sierra del Montsant, que se orienta de noreste a suroeste tiene una longitud total de 19 km. Los materiales geológicos dominantes son los conglomerados oligocenos, con una potencia de más de 300 m, de matriz arenosa y cemento calcáreo. Dichos conglomerados alternan con capas de arcillas rojas, capas de yesos y nódulos de sílex, hecho que facilita la erosión diferencial, dando lugar a los abrigos que un día dieron cobijo a las gentes de la Prehistoria (García- Argüelles *et al.* 2014a).

La Dra. Maria Mercè Bergadà propuso una reconstrucción evolutiva y cronológica de la secuencia sedimentaria del curso medio del río Montsant. Se muestra aquí una distinción descriptiva de fases por cronologías (Bergadà 1998 en García-Argüelles *et al.* 2014a):

Anterior al 10950 BP

Fase 1: depósito aluvial de fuerte energía de varios metros de gravas y arenas, situado principalmente en el margen cóncavo del curso. Probablemente se produjo durante el Pleistoceno superior, que correspondería al nivel de terraza T2. Se corresponde con el nivel IV de l'Hort de la Boquera.

Fase 2: momento de menor intensidad aluvial, con depósito de arenas. Se corresponde con el nivel II de l'Hort de la Boquera.

Fase 3: momento de inundaciones con aportes locales (caídas de bloques).

Del 10950- 10050 BP

Fase 4: se forma el área llana de inundación (compuesta por limos arenosos bioturbados) con aportes locales, caídas de bloques de las viseras del abrigo de L'Hort de la Boquera (nivel II) y con aportes locales de esorrentía. Las condiciones ambientales eran frías mientras que L'Hort de la Boquera vivía unas condiciones menos húmedas. Empiezan a funcionar procesos de esorrentía, los niveles III y IV de L'Hort de la Boquera, y a formarse los depósitos de vertiente, en un ambiente semiárido.

Del 10050 – 9000 BP

Fase 5: el río empieza a encajarse (T1b) con una sedimentación de fuerte energía, con gravas y arenas.

Fase 6: la sedimentación de la fase anterior es de menor intensidad.

Fase 7: se forma el área llana de inundación (compuesta por limos arenosos bioturbados) de este nivel de terraza. Los procesos de esorrentía desencadenan conos de deyección.

Posterior al 9000 BP

Fase 8: el río se encaja (fig. 59) y forma el nivel de terraza T1a.



Fig. 59. Río Montsant, T1a y visión general del paisaje; al fondo, l'Hort de la Boquera.

5.1.4 Aspectos estratigráficos, micromorfológicos y secuencia edafosedimentaria del abrigo  
 L'Hort de la Boquera conserva una superficie excavable de poco más de 20 m<sup>2</sup> y la mitad de superficie queda por debajo de la parte conservada de visera. Actualmente la superficie total se divide en 23 cuadros (fig. 60):

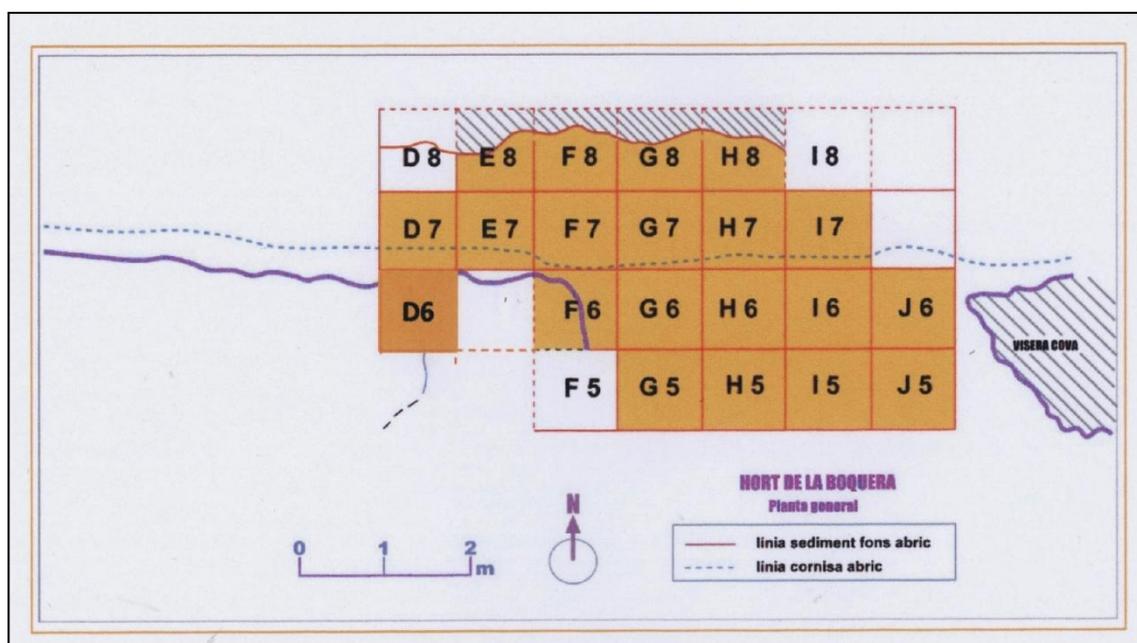


Fig. 60. Planta general del yacimiento tras las excavaciones de 2012 (García-Argüelles *et al.* 2014b).

La Dra. Bergadà (García-Argüelles *et al.* 1993, Bergadà *et al.* 1997, Bergadà 1998 y García-Argüelles *et al.* 2014b) propone la siguiente distinción de niveles, basada en los estudios microestratigráficos, micromorfológicos y edafosedimentarios aplicados a la cuadrícula E7 y complementados con Microscopía Electrónica de Barrido.

Su estratigrafía se ordena en 4 niveles, de muro a techo:

En primer lugar, el Nivel IV tiene una potencia de 18 cm. Está formado mayoritariamente por cantos y gravas (de 1 a 6 cm), procedentes del río Montsant, cuya litología predominante son calizas, cuarcitas y esquistos de morfología redondeada. Se corresponde con el proceso edafosedimentario Boquera D, cantos y arenas. Está sin duda ligado al segundo nivel (T2) de terrazas fluviales del curso medio del río Montsant que alcanza entre 20 y 25 m de altura respecto al lecho actual del cauce (Fullola 1978).

A continuación hallamos el Nivel III, con una potencia de 12 cm y contacto neto con el anterior nivel, compuesto principalmente por arenas finas de color marrón (10 YR 6/6) y gravas redondeadas (2 mm a 1 cm) de la misma litología que el nivel anterior. Contiene algún resto carbonoso y fragmentos de sílex que indican algún grado de ocupación antrópica pero que no la evidencian como estable. Se corresponde con el proceso edafosedimentario Boquera C, arenas finas: se caracteriza por un aporte sedimentario fluvial, donde el régimen hídrico disminuye de intensidad con arenas medianas y finas.

El nivel II, con una potencia de 47 cm, se trata del único nivel arqueológico del yacimiento en el que se detectan diferentes suelos de habitación. Está constituido por una matriz de limos arenosos de color gris-pardo (10YR 5/2) con un 5% de cantos dispersos (1 a 2 cm), normalmente calizas de morfología redondeada a subredondeada, con ligeras concreciones de CaCO<sub>3</sub>. El contacto con el nivel III es neto. Contiene abundantes carbones, fragmentos óseos y de sílex. Se corresponde con el nivel edafosedimentario Boquera B, limos arenosos de color gris oscuro con restos carbonosos y de materia orgánica. Se trata de un episodio caracterizado por un depósito de llanura de inundación, junto a restos de materia orgánica (raíces en distintas fases de humificación) con trazas de combustión. Se llegó a la conclusión de que la formación de dicho paleosuelo podría corresponder a un período de estabilidad, con reducida sedimentación y unas condiciones climáticas relativamente húmedas. Desde el punto de vista antrópico dicho horizonte respondería a distintos episodios de quema, siendo casi imposible el aislar las distintas ocupaciones.

El nivel I, donde se distinguen 2 subniveles (Ia y Ib), se formó por procesos de arroyadas y de caídas de bloques que procedían de la visera. Se trata de un nivel arqueológicamente estéril. El subnivel Ib tiene 45 cm de potencia y se dispone en contacto erosivo con el nivel II. Domina la matriz de limos arenosos de color marrón (10YR 6/4) con cantos subangulosos (1 a 4 cm) de conglomerado y de caliza, con algún bloque procedente de la visera del abrigo. El subnivel Ia de 42 cm de potencia y misma matriz, se dispone en contacto erosivo con el subnivel Ib. La fracción de cantos es menor y además aparecen muy concrecionados. El Nivel I se corresponde con el nivel edafosedimentario Boquera A, limos arenosos con cantos subangulosos, de contacto irregular y tipo erosivo. La formación responde a procesos de arroyadas, con alguna disgregación del techo del abrigo, especialmente en la base del nivel. Los materiales y componentes de origen antrópico siguen apareciendo, pero disminuyen considerablemente. La actividad biológica, principalmente de lumbrídeos, indica, en registros arqueológicos, períodos

de abandono y de cierta estabilidad del medio (fig. 61) (García-Argüelles *et al.* 1993, Bergadà *et al.* 1997 y Bergadà 1998).

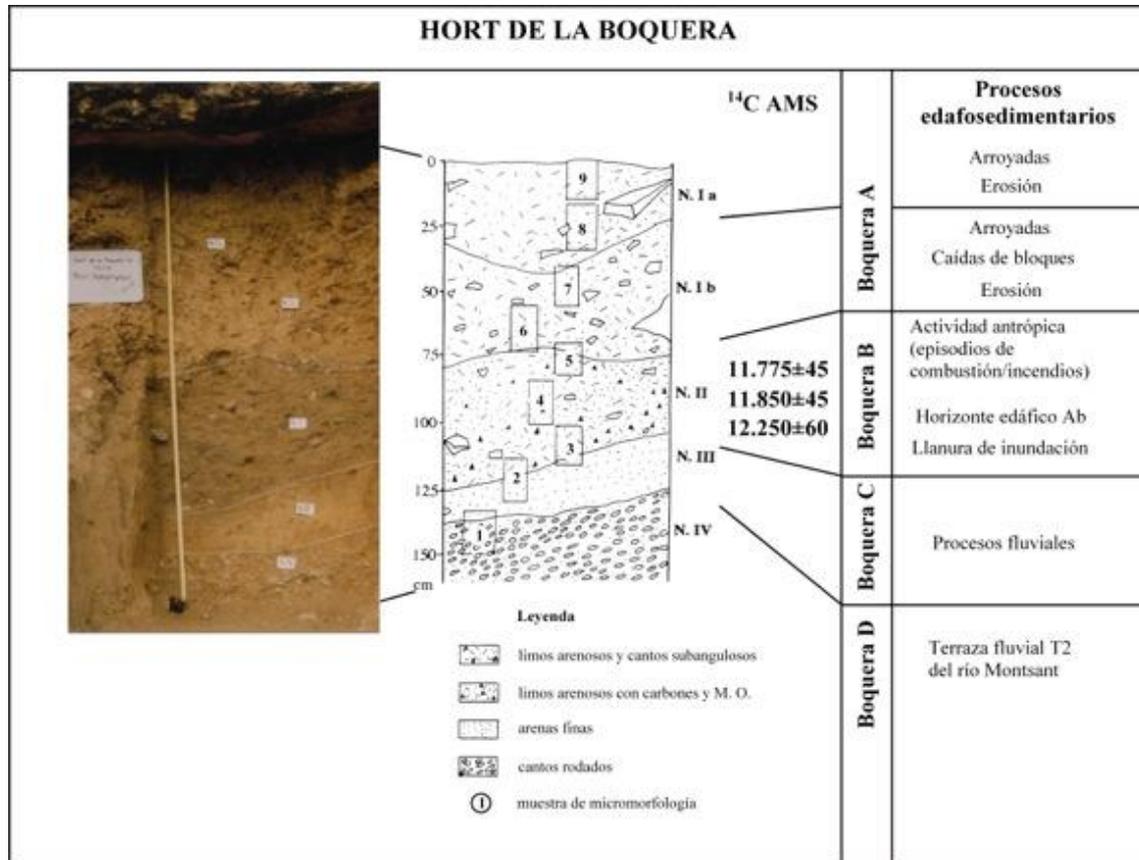


Fig. 61. Perfil litoestrigráfico y edafosedimentario del yacimiento (García-Argüelles *et al.* 2014b).

### 5.1.5. Cronología

Las dataciones de las fases de ocupación del yacimiento se enmarcan del 12250±60 BP al 11850±45 BP y 11775±45 BP (tabla 2), que lo sitúan, junto a las características culturales que acabamos de mencionar, en una fase correspondiente al Paleolítico superior final y al Epipaleolítico (Mangado *et al.* 2010, Fullola *et al.* 2012).

Yacimiento	Muestra	Laboratorio	Datación BP	Calibración BP p(95%)
H. Boquera	Carbón	OxA-13595	12250±60	14810-13890
H. Boquera	Carbón	OxA-23646	11850±45	13850-13570
H. Boquera	Carbón	OxA-23645	11775±45	13790-13550

Tabla 2. Relación de dataciones radiocarbónicas del yacimiento de L'Hort de la Boquera (García-Argüelles *et al.* 2014b).

### 5.1.6. Evidencias de ocupación humana. Registro arqueológico

#### *Material recuperado y estudios previos*

El análisis tecnológico fue llevado a cabo por la Dra. García-Argüelles y por lo que respecta a la actividad humana del nivel II, se han recuperado por el momento más de 25.000 elementos líticos, principalmente sobre sílex, aunque también hay un pequeño lote de elementos sobre pizarra y caliza.

Veamos a continuación la tabla 3 dedicada a los tipos de soporte recuperados en l'Hort de la Boquera, donde se observa que la industria lítica es de base laminar con lascas; el soporte más significativo numéricamente es de las lascas, con un 42,84 % sobre el total, seguido muy de lejos por el de fragmentos y fragmentos de lasca, lascas fragmentadas y por último y con poca representación, los núcleos, fragmentos de núcleo y cantos.

Soporte	Nº	%
Lasca	10.863	42,84
Fragmentos	6.578	25,94
Frag. lasca	4.303	16,97
Lascas fragmentadas	3.340	13,17
Núcleos	244	0,96
Fragmentos de núcleo	25	0,09
TOTAL	25.353	100

Tabla 3. Tipos de soportes de la industria lítica de l'Hort de la Boquera.

En esta zona del Montsant el esquema técnico de talla observado está orientado a la obtención de soportes de tipo lasca de morfología triangular y a partir de este se configura el utillaje retocado (Mangado *et al.* 2010).

De estos 25.353 elementos líticos tallados 976 (3,84 %) son piezas retocadas. Comprenden 770 tipos primarios (752 monotipos, 17 piezas dobles y 1 pieza triple). El retoque abrupto (50,3%) supera al simple (46%) pero observamos que la diferencia no es importante. Los buriles representan sólo el 2,4 % y el retoque sobreelevado el 1,6%.

Entre los efectivos retocados dominan los raspadores (35,5%) (fig. 62 y tabla 4). y elementos de dorso rebajado (42,5%: 27,2% láminas y 15,3% puntas). truncaduras (4,2%) y denticulados (8 %) también son significativos.

Tal y como hemos visto los buriles juegan un papel menor pero es importante remarcar que los encontramos sobre fractura, sobre retoque y diedros (García-Argüelles *et al.* 2014b)



Fig. 62. Pequeño lote de raspadores recuperados. Autora: Dra. M. Pilar García-Argüelles, editada.

L'Hort de la Boquera		
Grupos tipológicos	Nº	%
Raspadores	347	35,5
Compuestos	17	1,7
Perforadores	3	0,3
Buriles	23	2,4
Elementos de Dorso	415	42,5
Truncaduras	41	4,2
Abruptos indiferenciados	29	2,9
Denticulados	78	8
Raederas	23	2,4

Tabla 4. Número de piezas y porcentajes de los principales grupos tipológicos.

La gran cantidad de vestigios líticos llevó a la hipótesis de considerar que el yacimiento sirvió como taller lítico (Bartrolí y Bergadà 1990) (fig. 63).



Fig. 63. Detalle de una zona de talla. Autora: Dra. M. P. García-Argüelles.

Una característica a resaltar es que el material tallado tiene un tamaño grande para lo que podría esperarse del esquema tecnológico propio de la industria del Epipaleolítico (con tendencia al microlitismo) (Rodríguez Baylach 2014), observándose la misma circunstancia para el yacimiento vecino del Abrigo dels Colls (Rodríguez Baylach, 2011 y 2014).

La Dra. M. P. García-Argüelles en su tesis de licenciatura (1983) efectuó un primer análisis de materias primas, basada en el método tradicional de observación a simple vista en la tuvo en cuenta un total de 2 variables (sin ayuda de ninguna lupa o microscopio):

- El tipo de pátina: variable que englobaba varios grados como "poca concreción", "fuerte concreción", "deshidratación y poca concreción", "deshidratación y fuerte concreción", "quemado o alterado con poca concreción" y "quemado o alterado con fuerte concreción";
- La coloración: "moteado", "marrón", "moteado rosa o rojo", "rojo", "gris", "blanco y translúcido".

Por otro lado, el Sr. Ramiro Doce (1988) elaboró una tesina sobre las materias primas del abrigo del Filador (tal y como se ha mencionado anteriormente se trata de un yacimiento muy próximo a l'Hort de la Boquera con la presencia del mismo tipo de materia prima) en el cual se hizo una primera discriminación macroscópica basada sobre todo en las diferentes tonalidades que presentaba el sílex. El estudio concluyó que la totalidad de materia prima procedía del afloramiento geológico de sílex más grande de la zona, el Complejo Ulldemolins. Unos años más tarde, en colaboración con el geólogo Alcober (Doce y Alcober 1997) realizaron otro tipo de análisis más específico con el objetivo de complementar el primer estudio realizado. Se procedieron a analizar los índices de cristalinidad de un conjunto de muestras procedentes del Complejo Ulldemolins y de la Fm Montblanc mediante la aplicación de la Difracción de Rayos X pero desgraciadamente no se pudo lograr una discriminación efectiva de las mismas.

Según M. Langlais (2010) las materias primas mayoritarias, como el sílex, proceden del entorno inmediato del asentamiento y se utilizan para la talla de industria en el propio yacimiento y las minoritarias, como el esquisto, la lidita, el cuarzo, etc., se utilizaron para el macroutillaje (García-Argüelles *et al.* 2014b). En los próximos capítulos veremos como se han analizado mediante diferentes técnicas la totalidad<sup>4</sup> de elementos líticos en sílex (25.253), incluyendo 269 núcleos y fragmentos de núcleo así como 976 piezas retocadas.

---

<sup>4</sup> Correspondientes a las campañas de excavación de 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 y 2015.

*Arte mueble*

A lo largo de las diversas campañas de excavación se han recuperado algunas plaquetas de pizarra de forma redondeada con bordes biselados y trazos que se encuentran aún en fase de estudio (García- Argüelles *et al.* 2014b).

Cabe destacar un gran bloque calizo en el que se observa, grabada, la figura de una ave, posiblemente una grulla, rodeada de otras figuras menos claras que se pueden interpretar como antropomorfos (García- Argüelles *et al.* 2014b e.p.; fig. 4.1) (fig. 64).



Fig. 64. Plaqueta grabada y calcos de las figuras (García-Argüelles *et al.* 2014b).

El estilo del grabado de L'Hort de la Boquera se correspondería con el estilo del final del ciclo artístico paleolítico, dando paso a la fase no figurativa del Epipaleolítico / Mesolítico (García-Argüelles *et al.* 2014b). Esta plaqueta puede considerarse como un hallazgo excepcional en el Paleolítico superior catalán, tanto por su temática como por la escasez de ejemplares dando impulso a la afirmación de que la presencia de arte figurativo mueble empieza a ser una constante en los yacimientos del Paleolítico superior final del sur de Cataluña con los casos del Molí del Salt y de Sant Gregori (Soto *et al.* 2011, García-Argüelles *et al.* 2014b).

#### 5.1.7. Estudios paleobiológicos

Los estudios paleobiológicos efectuados en l'Hort de la Boquera se basan en análisis botánicos y faunísticos (García-Argüelles *et al.* 2014b).

##### *Análisis botánicos*

Los análisis arqueobotánicos se fundamentan exclusivamente en trabajos relacionados con la identificación y análisis de fitolitos así como en trabajos de antracología.

##### Análisis de fitolitos

El análisis de fitolitos, realizado por la Dra. Rosa María Albert, a partir de una muestra (1 gr.) recogida en la parte superior del nivel arqueológico de la zona más externa del yacimiento, proporcionó un número de fitolitos por gramo de AIF (fracción no soluble al ácido), excesivamente bajo para obtener unos resultados fiables (Albert y Weiner 2001).

##### Análisis antracológicos

Para el análisis, realizado por la Dra. Ethel Allué, se escogió un lote compuesto por carbones identificados en las campañas de 1998, 2003 y 2008. Los resultados muestran un conjunto homogéneo con 13 fragmentos de *Pinus* tipo *sylvestris* agrupando tres especies de montaña: *Pinus uncinata* (pino negro), *Pinus sylvestris* (pino albar) y *Pinus nigra* (pino negral); además de 1 *Juniperus* y 2 restos indeterminables.

Los datos antracológicos obtenidos en secuencias próximas como el Molí del Salt y Els Colls permiten sugerir que durante el Paleolítico superior de L'Hort de la Boquera las formaciones forestales de *Pinus* tipo *sylvestris* son todavía las que dominaron el paisaje. En este contexto ambiental y paleoecológico, parece ser que los recursos forestales se explotaban según su abundancia y disponibilidad en el entorno inmediato. La leña de pino se recogía probablemente

para un uso inminente y su uso está bien documentado para buena parte del Pleistoceno (García-Argüelles *et al.* 2014b), siendo *Pinus* tipo *sylvestris* el taxón más común y recurrente en las secuencias pleistocenas del noreste de la Península Ibérica (Allué 2009, Allué *et al.* 2012).

#### *Análisis faunísticos*

Los análisis de la fauna recuperada, realizados por el Dr. Jordi Nadal, se dividen en 2 tipos, fauna y malacofauna.

#### Fauna

Durante estos años se han recuperado un total de 99 elementos en el yacimiento: tafonómicamente 23 son determinables (23,23%) y 76 (76,76%) no lo son. Se han recuperado 2 elementos de herbívoros (dentición), 27 elementos de macrofauna de tamaño medio, 41 elementos de macrofauna sin más precisión, 2 elementos de mesofauna y 4 restos que no se pueden identificar.

El número de especímenes identificados (*NISP*) es 6 pertenecientes a *Capra pyrenaica*, 13 a pequeños bóvidos y 4 a *Oryctolagus cuniculus* con un solo individuo por taxón (García-Argüelles *et al.* 2014b).



Fig. 65. Izquierda: astillas. Derecha: astrágalo de cabra montés. Autor: Dr. Jordi Nadal.

El estado de conservación es muy precario<sup>5</sup>, por un lado el material aparece totalmente fragmentado cuya causa principal parece ser la intervención antrópica (fig. 65); por el otro lado los fenómenos fosildiagénicos (fuerte deshidratación y carbonatación del material) también son muy importantes y para nada desdeñables (García-Argüelles *et al.* 2014b).

El máximo aprovechamiento de los recursos alimentarios supone la destrucción de los huesos para la extracción del tuétano y la obtención de grasas y colágeno, actividades muy corrientes en los yacimientos de cazadores-recolectores (Binford 1978, García-Argüelles *et al.* 2014b).

### Malacofauna

Se distinguirá entre malacofauna continental y malacofauna marina.

La malacofauna continental cuenta con 486 elementos: 87 enteros y 328 fragmentos que, en 71 casos corresponden a individuos irrepetibles, por lo que el NMI se fija en 158 elementos. La distribución taxonómica de los restos es la siguiente: 464 *Cepaea nemoralis*, 1 *Pomatias elegans*<sup>6</sup>, 12 *Rumina decollata*, 7 *Xeroplexa* sp y 1 *Chondrinae*.



Fig. 66. *Cepaea nemoralis* in situ. Autor: Dr. Jordi Nadal.

<sup>5</sup> Sólo se recuperó entero un astrágalo de cabra montés (García-Argüelles *et al.* 2014b).

<sup>6</sup>*Pomatias elegans* o *Rumina decollata* son especies con comportamientos excavadores y, en este caso, no se tiene la certeza de su sincronía con la formación del nivel geológico (García-Argüelles *et al.* 2014).

El estudio se centró en *Cepaea nemoralis* (fig. 66) cuya población es polimorfa y de medidas muy homogéneas (25-27 mm de diámetro máximo de la concha y 16-19 mm de altura) con 5 bandas dibujadas.

Valorando el número significativo de ejemplares enteros y su elevado grado de fragmentación se optó por una explicación de orden antrópico, de recolección y consumo. Del mismo modo, la patente homogeneidad de dichos individuos también hizo pensar que éstos se captaban en áreas muy concretas (García-Argüelles *et al.* 2014b). La recolección de moluscos terrestres en la zona catalana es muy frecuente para los yacimientos epipaleolíticos, pero no para las ocupaciones paleolíticas. En este sentido, L'Hort de la Boquera es uno de los primeros indicios de la ampliación del espectro alimentario en el noreste peninsular durante la transición Pleistoceno-Holoceno (Fullola *et al.* 1992).

En cuanto a la malacofauna marina se ha recuperado un sólo fragmento de valva del género *Glycymeris*, indicador de algún tipo de conexión con la costa. Este género aparece también en yacimientos cercanos de cronología similar, como el Molí del Salt (García-Argüelles *et al.* 2014b).



## 5.2 El abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló)

### 5.2.1 Localización y descripción

El abrigo de la Roureda se encuentra ubicado en el margen derecho del barranco de la Font d'Horta, en el término municipal de Vilafranca, Els Ports, Castelló (fig. 67 y 68). Se trata de una pequeña cavidad orientada hacia el oeste situada a 1150 ms.n.m. y con unas dimensiones de 6 m de longitud por 2 m de profundidad. La visera tiene 4 m de altura y la superficie conservada total del yacimiento es bastante reducida, de unos 12 m<sup>2</sup> (Román 2011b).

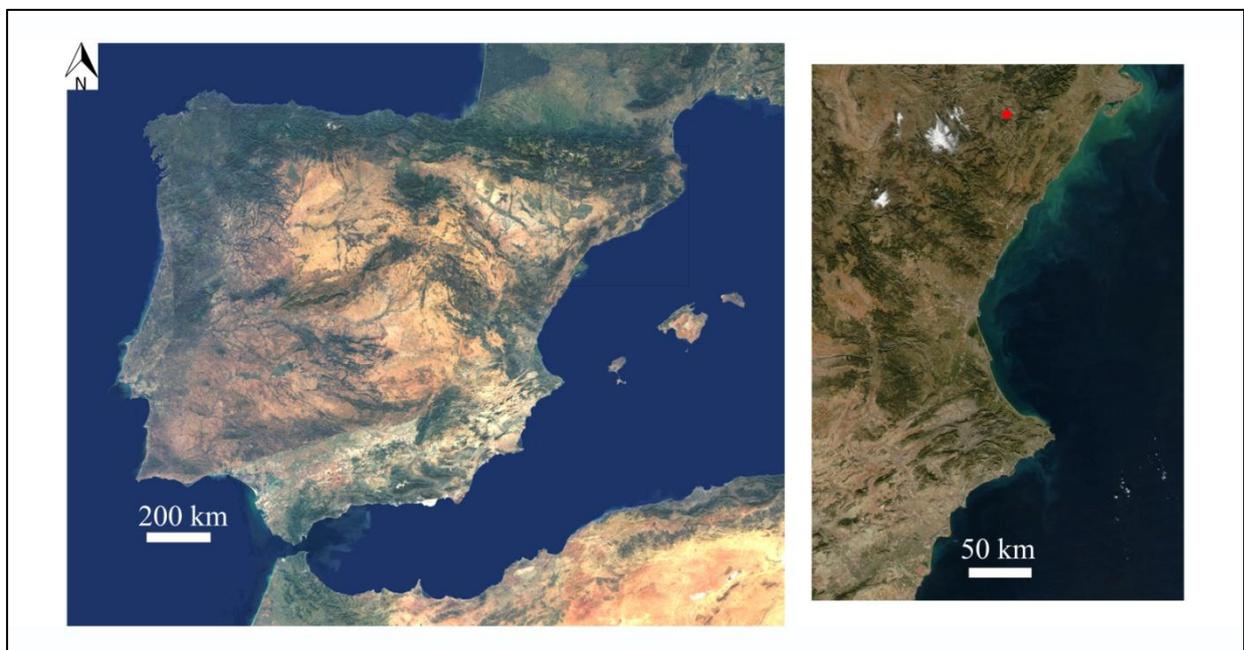


Fig. 67. Localización del abrigo de la Roureda (punto rojo). Modificado de [www.nasa.gov](http://www.nasa.gov).

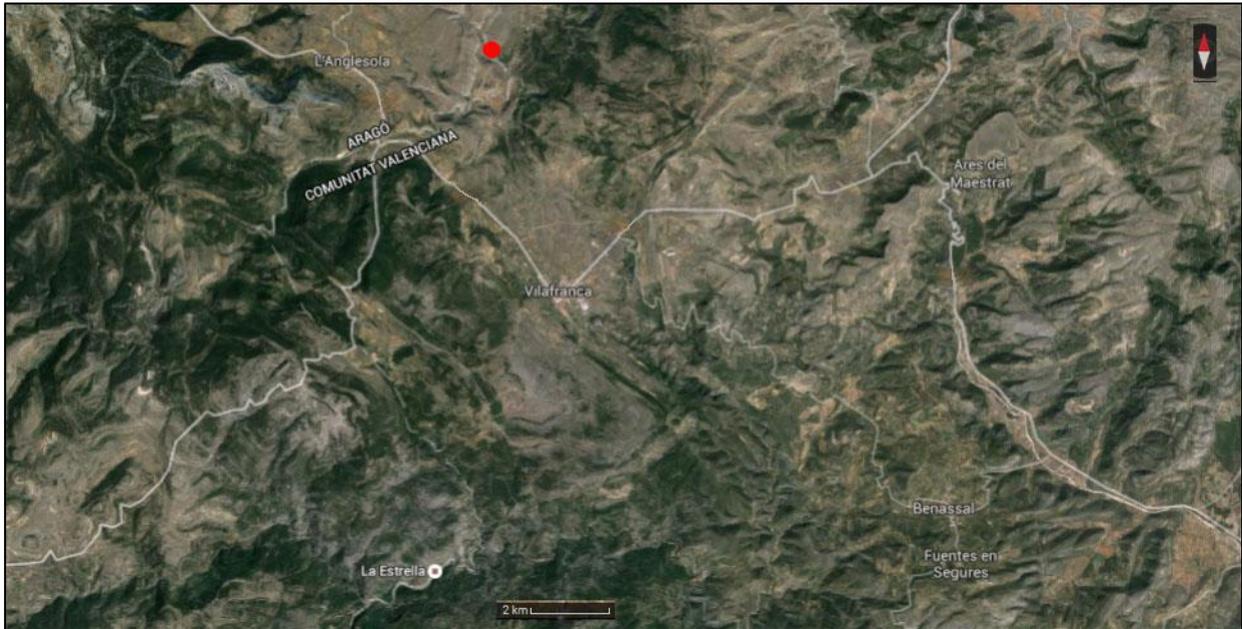


Fig. 68. Mapa de situación de La Roureda. Modificado de google maps. Escala 2km.

### 5.2.2 Descubrimiento e historia de las excavaciones

El abrigo de La Roureda (fig. 69) fue descubierto por el Dr. Ferran Arasa Gil a finales de los años 70 del siglo XX en una de sus prospecciones por el término de Vilafranca y fue incluido en algunas publicaciones sobre los yacimientos de este término municipal (Arasa Gil 1977 y 1982).

Treinta años después de su descubrimiento, el Dr. Dídac Román, en el marco de la realización de su tesis doctoral sobre el poblamiento de la transición Pleistoceno-Holoceno en el norte del País Valenciano (Román 2010a), revisó los materiales recuperados por Arasa Gil depositados en el Museo de Bellas Artes de Castelló. El interés que suscitaron estos materiales llevó a Román a plantearse la necesidad de realizar una excavación en el yacimiento con el objetivo de conocer la secuencia arqueológica conservada.



Fig. 69. Vista del abrigo y su entorno. Autor: Dr. Dídac Román.

La excavación se realizó en julio de 2007. La superficie excavada fue de 3 m<sup>2</sup>, en los que se llegó a una profundidad aproximada de unos 55 cm, llegando en el cuadro C5 a un estrato estéril, en el que se profundizó unos 50 cm sin resultados positivos.

Inicialmente la excavación se planteó en los cuadros A3, C3, E3, aunque después de dos capas (unos 10 cm) se abandonó la excavación del cuadro A3 para excavar el cuadro C5, donde una fuerte erosión del terreno requería una comprobación de la potencia arqueológica conservada (fig. 70).

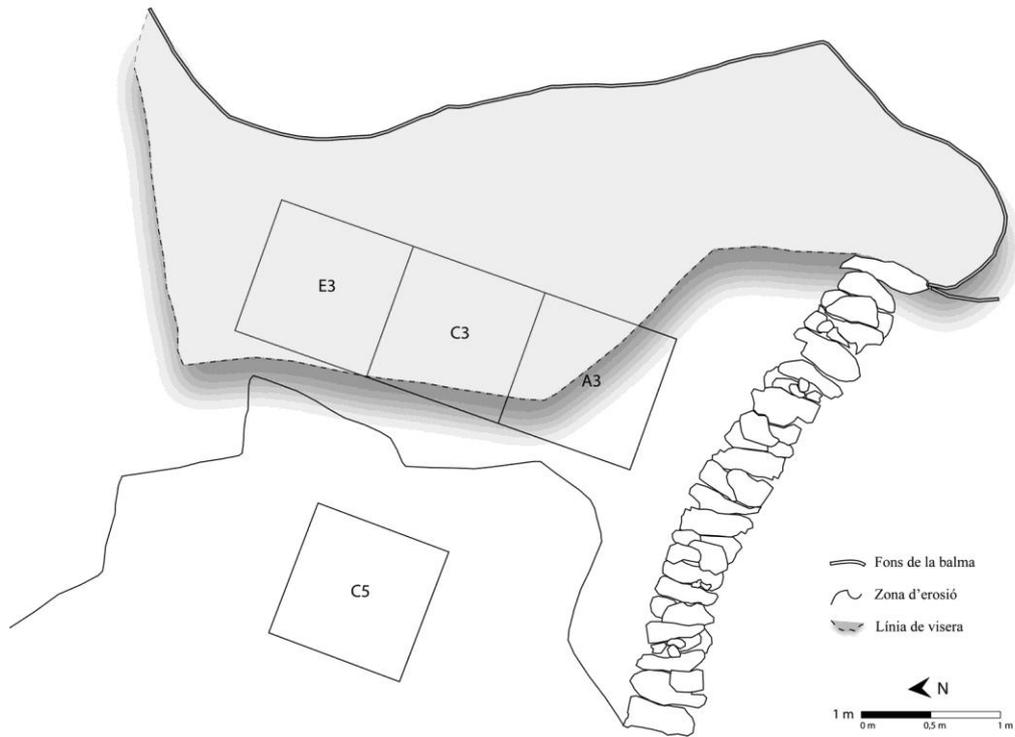


Fig. 70. Planta del yacimiento. (Román, 2011b).

La excavación de los cuadros C3 y E3 (fig. 71) evidenció una secuencia arqueológica caracterizada por la existencia de un único nivel de ocupación (Nivel II) así como los restos de un posible enlosado (Román 2011b).



Fig. 71. Vista aérea de los cuadros E3, C3 y A3 (de arriba abajo) donde se aprecian los restos del posible enlosado.

Foto: Dr. Dídac Román.

### 5.2.3 Evidencias de ocupación humana. Registro arqueológico

La estratigrafía del yacimiento se realizó a partir de los dos cortes más completos, el frontal distal (E/C-3) y el sagital izquierdo del E3, diferenciando cada estrato según color, textura y tamaño de grano o fracción (Román 2011a):

Estrato I: capa superficial no compacta de color marrón, de entre 5 a 10 cm de potencia, con abundantes restos de industria lítica.

Estrato II: capa de color marrón oscuro de 20 a 40 cm de potencia, es el principal nivel arqueológico con abundante industria lítica.

Estrato III: capa de elevada dureza y color anaranjado, de 10 a 20 cm de potencia y con pocos restos líticos.

Estrato IV: capa de potencia indeterminada aunque con un mínimo de 50 cm de arenas blancas de grano fino; sin restos arqueológicos.

## Material recuperado

La industria lítica recuperada es abundante, presentando un total de 4.639 restos, de los cuales 286 pertenecen a material retocado tallado en sílex (tabla 5) (Román 2011b). Existe un dominio de las lascas, seguidas por laminitas, láminas, lascas laminares, productos de condicionamiento y núcleos (Román 2011b).

Soporte	Nº	%	% Producción
Lasca	1.326	28,6	57,6
Lasca Laminar	257	5,5	11,2
Lámina	274	5,9	11,9
Laminita	444	9,6	19,3
Lasca térmica	82	1,8	-
Núcleo	16	0,3	-
PAN	50	1,1	-
Golpe de Buril	10	0,2	-
Esquirla	2.006	43,2	-
Informe + <i>debris</i>	174	3,7	-
TOTAL	4.639	100	-
Total producción	2.302	49,6	100
Retocados	286	6,2	12,4

Tabla 5. Número de piezas y porcentajes por soportes (Román, 2011b).

Entre el material retocado resaltaremos el dominio del grupo microlaminar, hecho similar que ocurre en otros yacimientos como la Cova de Les Cendres (Villaverde *et al.* 2010), donde dominan las laminitas de dorso rectas así como las apuntadas. Las truncaduras, muescas y denticulados son los siguientes útiles en importancia, seguidos por los raspadores. Del resto de grupos, aunque con una presencia inferior al 5%, destacan los buriles (tabla 6) (Román 2011b). A nivel tecnológico podemos afirmar que las dimensiones del material lítico son grandes para lo que es lo habitual en esta zona de estudio (Villaverde *et al.* 2010) y además la materia prima utilizada es mayoritariamente de buena calidad para la talla (Román 2011b, Rey *et al.* 2015) (fig. 72).

La Roureda		
Grupos tipológicos	Nº	%
Raspadores	24	8,4
Compuestos	5	1,7
Perforadores	3	1
Buriles	9	3,1
Dorsos	3	1
Truncaduras	50	17,5
Piezas retocadas	23	8
Muestras y denticulados	30	10,5
Piezas astilladas	3	1
Raederas	1	0,3
Microlaminar	105	36,7
Microburil	1	0,3

Tabla 6. Número de piezas y porcentajes de los principales grupos tipológicos (Román 2011b).



Fig . 72. Parte del material retocado recuperado en el abrigo de la Roureda. Autor: Dr. Dídac Román.

Junto con estas piezas se recuperó un pequeño lote testimonial de restos faunísticos muy fragmentados, y diversos restos malacológicos, destacando algunos fragmentos de *Pecten jacobeus* y dos gasterópodos perforados (*Theodoxus fluviatilis*) utilizados como objeto ornamental.

Debemos resaltar que en el cuadro C3, en la capa 6, se produjo un hallazgo importante: una especie de enlosado que podría corresponder a los restos de una estructura de cierre del abrigo. Aunque con la superficie excavada hasta el momento es difícil extraer demasiadas conclusiones al respecto.

El análisis de materias primas en la presente tesis ha consistido en el estudio - mediante diferentes técnicas- de la totalidad de elementos líticos en sílex (3.059), incluyendo los 20 núcleos así como las 286 piezas retocadas.

#### 5.2.4 Cronología

Las dataciones absolutas realizadas sobre una muestra de carbón de *Pinus nigra/silvestris* procedente del cuadro E3 de la capa 7 del nivel II – el único nivel de ocupación- proporcionaron como resultado una fecha de  $11350 \pm 70$  BP (13270-13130 cal. BP; Beta-244009) pudiendo corroborar la adscripción al Epimagdalenense que ya se intuyó a partir del estudio de todos los restos recuperados y la homogeneidad tecnotipológica de la industria lítica (Román 2011a y 2011b).

Yacimiento	Muestra	Laboratorio	Datación BP	Cal. BP	Cal. BC
La Roureda	RO'07 E3 Capa 7 sc 15	Beta-244009	11350±70	13270-13130	11410- 11140

Tabla 7. Datación radiocarbónica del yacimiento del abrigo de La Roureda (Paleolítico superior) (Román 2010a).

#### 5.2.5 Conclusiones. La Roureda actualmente

El abrigo de la Roureda es un yacimiento de alta montaña que goza de un paisaje y entorno natural favorable para su ocupación durante el Epimagdalenense antiguo (Román 2011a). El yacimiento, con un solo nivel de ocupación, ha sido prolífico en cuanto a industria lítica recuperada, presentando también algunos restos de fauna y carbones, pendientes de estudio.

El estudio tecnotipológico de la industria lítica muestra su coincidencia con las industrias características del ámbito regional de la vertiente mediterránea, en las cuales es especialmente

importante la fabricación de soportes laminares, pero sobre todo microlaminares (Román 2010b y 2011b, Bel *et al.* 2015).

El yacimiento se excavó en un contexto de un estudio detallado del Epimagdalenense del norte de Castelló, convirtiéndose en una pieza clave del mosaico paleolítico superior levantino.

Hoy en día, La Roureda forma parte de un proyecto de estudio del arte rupestre y el contexto arqueológico en la comarca de Els Ports, por lo que no se descarta la posibilidad de llevar a cabo la ampliación de la excavación del abrigo en un futuro no muy lejano.



## **BLOQUE IV METODOLOGÍA**

Un trabajo científico debe cumplir varios objetivos y uno de los más importantes es que esté dotado de una metodología estructurada, sistemática y ordenada. En este apartado se explicará la metodología aplicada a nuestro trabajo, su cómo y su por qué.

Este bloque se divide en dos capítulos en los que se explicará en primer lugar el trabajo de laboratorio y en segundo lugar el trabajo de campo, porque sólo mediante la conjugación de sus resultados se podrá alcanzar las respuestas a las cuestiones arqueopetrologías que se están tratando.

Por un lado, tal y como se ha explicado anteriormente, la industria lítica de ambos yacimientos será caracterizada a varios niveles analíticos sucesivos para la discriminación de variedades silíceas. Por otro lado, se realizarán un conjunto de prospecciones en busca de material lítico silíceo potencialmente explotable por las comunidades humanas de sendos abrigos. Para finalizar, se realizará una comparación entre variedades de sílex discriminadas en el análisis de la industria lítica con las muestras geológicas recuperadas en el trabajo de campo, estableciendo así un posible origen o procedencia del material arqueológico.

A continuación se presenta la metodología de laboratorio aplicada a los dos grupos de muestras, las arqueológicas y las geológicas.

### **6. METODOLOGÍA TÉCNICA APLICADA**

El primer capítulo está dedicado a valorar cada técnica analítica empleada y a examinar sus posibles aplicaciones a nuestra investigación, observando de primera mano el coste que supone la preparación previa de la muestra para su posterior aplicación. La metodología de este trabajo es clara para alcanzar nuestros objetivos; para la recogida sistemática de datos - y posterior realización de un corpus empírico a partir de ellos - el método de trabajo utilizado se ha dividido en el empleo de diversos tipos de técnicas, mayoritariamente técnicas mineralógicas y técnicas geoquímicas. Está comprobado que la combinación de estos dos tipos de técnicas es el proceso más efectivo para la caracterización de elementos líticos (Navazo 2008, de Soto y de Soto 2012).

Las técnicas mineralógicas han sido las primeras en aplicarse y se definen como aquel conjunto de procedimientos cuyos métodos están dirigidos a la distinción de los minerales que componen la muestra o conjunto de muestras a estudiar. Las técnicas mineralógicas que se han llevado a cabo en nuestra investigación han permitido efectuar dicha distinción de los diversos minerales presentes, así como las características texturales y estructurales de las muestras analizadas.

El análisis macroscópico se ha realizado mediante la observación y caracterización de las muestras con la lupa binocular y el análisis microscópico se ha llevado a cabo mediante dos técnicas distintas, la microscopía óptica (MO) y la microscopía electrónica de barrido (MEB). Otras técnicas utilizadas para el análisis mineralógico han sido: la Espectroscopía micro-Raman y la difracción de Rayos X (DRX). Las dos primeras técnicas, análisis mediante lupa binocular y MO se aprendieron a lo largo de la carrera de Geología así como durante la primera colaboración con el Dr. Xavier Mangado y se trata de las técnicas más empleadas en estudios de materias primas líticas en Arqueología. Las tres últimas técnicas, Espectroscopía micro-Raman, MEB y DRX, se han aprendido y aplicado en la primera estancia breve concedida por el Ministerio y disfrutada en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) en Madrid, en el período del 20 de septiembre al 21 de diciembre de 2014.

En segundo lugar se han aplicado las técnicas geoquímicas, que son aquel conjunto de procedimientos cuyos métodos están dirigidos a la distinción de los elementos químicos que componen la muestra o conjunto de muestras a estudiar y cuyo objetivo es identificar su procedencia (origen) a partir de los elementos traza (Högberg *et al.* 2007). La Geoquímica es una de las ramas de las Ciencias Geológicas, particularmente la que estudia la química del planeta y aplica los principios químicos a los procesos que gobiernan la abundancia y distribución de los elementos en las diversas partes de la Tierra y en los cuerpos celestes.

Desde hace algún tiempo, diversas técnicas geoquímicas como la Fluorescencia de Rayos X (Olausson *et al.* 2012, Hughes *et al.* 2010 y 2012) o la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA) están teniendo un gran peso en la investigación arqueológica sobre la procedencia de materias primas líticas (Moroni y Petrelli 2005, Mangado *et al.* 2006b, Bonsall *et al.* 2010, Andreeva 2014). Incluso, a día de hoy, existen algunos estudios sobre la comparación de caracterización geoquímica de los mismos materiales analizados mediante distintas técnicas, como por ejemplo en Hughes *et al.*

(2011) donde se comparan los resultados obtenidos para el análisis de sílex lituano y bieloruso mediante Fluorescencia de Rayos X con Energía Dispersiva frente a Espectrofotometría de Emisión de Arco de Corriente Continua, concluyendo que las dos técnicas eran igualmente válidas.

En nuestro caso la técnica escogida ha sido la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA), permitiendo efectuar un análisis exhaustivo de Tierras Raras (TTRR).

Por una lado, esta técnica se ha aprendido gracias a la realización del curso teórico-práctico de ICP-MS impartido en el ICTJA<sup>7</sup> - CSIC los días 18, 19 y 20 de mayo de 2015, y por otro lado, gracias al análisis de las muestras del presente estudio en el Laboratorio <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de Geocronología de la Universidad de Lund, en el período de estancia breve concedido por el Ministerio disfrutado del 15 de septiembre al 15 de diciembre de 2015.

Con este conjunto de técnicas y métodos y la conjugación de los resultados obtenidos se espera poder obtener la caracterización más detallada posible de cada una de las muestras analizadas y poder así realizar una discriminación lo más exacta posible de las distintas variedades de sílex.

## **6.1 Técnicas mineralógicas**

### **6.1.1 Análisis macroscópico**

Los prehistoriadores han utilizado tradicionalmente un conjunto de caracteres discriminantes de las muestras para proceder a realizar una clasificación de las mismas y poder realizar el estudio de los materiales silíceos recuperados en los yacimientos arqueológicos. Esta se ha convertido en una técnica rápida, económica, práctica y simple, pero que puede ser poco precisa si no se realiza de manera adecuada. Como mencionamos anteriormente, la gran variabilidad que presenta el sílex es uno de los problemas más importantes al que se debe enfrentar cualquier arqueopetrologo, por lo tanto, la recogida y la posterior descripción de muestras de afloramientos geológicos para la realización de litotecas de carácter regional constituye el elemento principal para este tipo de trabajo (Mangado 2004)-

A continuación presentamos las ventajas e inconvenientes de este método que hemos constatado.

---

<sup>7</sup> Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera.

## VENTAJAS

- Es una primera aproximación a la descripción de la muestra que permite una diferenciación entre litoclastos y bioclastos.
- La muestra puede ser estudiada infinidad de veces y no excluye la aplicación de otras técnicas analíticas de estudio.
- Es un método no destructivo que permite analizar piezas arqueológicas sin dañarlas.
- Método simple y práctico que permite estudiar todo tipo de muestras sin exclusión alguna.

## INCOVENIENTES

- Es un método poco preciso y muy subjetivo que formaría parte de una primera introducción para alcanzar la verdadera descripción de la muestra.
- Se necesita de equipamiento adecuado para su estudio (lupa binocular).
- Una buena descripción requiere de muchos parámetros descriptibles y ha de ser sistemática.
- Aunque tradicionalmente se ha considerado un método que no requiere grandes conocimientos de especialista, si sería recomendable que las descripciones fuesen realizadas por alguien con un mínimo de conocimientos petrológicos.

El primer paso para el estudio de las muestras, ha sido la observación con la lupa binocular (fig. 73), paso previo determinante para hacer una descripción de cada muestra y caracterizarla macroscópicamente, según sus particularidades. La lupa binocular utilizada ha sido una lupa estereoscópica modelo ©Olympus KL 1500 LCD equipada con una luz ©Olympus TH4-200, fuente de luz fría cenital y las muestras han sido observadas a unos aumentos comprendidos entre 0,67 y 4,5 aumentos (teniendo en cuenta los 10 aumentos de cada ocular).



Fig. 73. Proceso de estudio macroscópico de las muestras con lupa binocular. Laboratorio del Departamento de Historia i Arqueologia de la Facultat de Geografia i Historia (Universitat de Barcelona). Fotos: Dr. Xavier Mangado.

### 6.1.2. Parámetros macroscópicos descriptivos y fichas de descripción

La necesidad de llevar a cabo un registro exhaustivo de todas las características observables macroscópicamente ha generado la aparición de dos tipos de ficha de inventario: una para las muestras arqueológicas retocadas recuperadas en los yacimientos y otra para las muestras geológicas recuperadas en las prospecciones.

#### 6.1.2.1 Ficha arqueopetrológica de descripción de material arqueológico

A partir de modelos como el de Mangado (1997), Féblot-Augustins y Park (2010a) y Rosell *et al.* (1997) se ha generado una ficha propia con los elementos discriminantes que creemos más relevantes e importantes para nuestro análisis, conservando parámetros y criterios de descripción petrológica pero siempre adaptado a la problemática prehistórica.

En la ficha se pueden diferenciar hasta cinco apartados.

1<sup>er</sup> apartado "Datos de registro": en este apartado se recogen los datos referentes al yacimiento de donde proviene la pieza, la campaña del mismo y su sigla asignada.

2º apartado "Análisis tecnotipológico": aquí es donde se documenta el tipo de soporte en el que ha estado tallada la muestra, sus dimensiones y su tipo primario.

3º apartado "Descripción macroscópica": en este apartado centramos nuestra atención en los datos referentes al material de la muestra y se divide en dos subapartados: el Córtex y el Sílex.

Para el córtex - equivalente a la denominación de material encajante o roca caja de las muestras geológicas - se caracteriza su aspecto; su color; su litología, el porcentaje del mismo hallado, el grosor (en mm); qué tipo de delimitación (o contacto) tiene con la matriz de sílex y por último la descripción de los elementos figurados que se encuentren en él.

Para el sílex se caracterizan los siguientes criterios, ampliamente vistos en el cap. 3:

1) el aspecto general que posee, distinguiendo entre:

- Brillo;

- Granulometría;

- Translucidez.

2) el color

3) la pátina

4) el grado de homogeneidad

5) la textura heredada

6) la presencia o no de componentes no esqueléticos (por ejemplo, clastos e inclusiones inorgánicas). Se incluye la descripción de su tipo su distribución espacial y proporción.

7) la micropaleontología (elementos esqueléticos): descripción de los componentes petrográficos silíceos, incluyendo la descripción de su distribución espacial y su proporción en la muestra (porcentaje).

Este apartado finaliza con dos secciones, la primera de "Observaciones generales", permite registrar todos aquellos aspectos que no han tenido cabida en los criterios anteriores de la clasificación, pero que poseen cierta relevancia para ser mencionados en la descripción y caracterización de la muestra. Mencionaremos como ejemplo la porosidad; los aspectos

deposicionales (microlaminación, estructuras *Liesegang*) así como los diagenéticos (dolomitización, anhidrización...).

La segunda sección se centra en la "Calidad y aptitud para la talla" y es donde se hace una breve valoración de sus características para estimar dichos atributos.

4º apartado "Variedad": en esta sección se define su atribución a la variedad de sílex determinada mediante el compendio de observaciones efectuadas.

5º apartado "Imagen": para finalizar la ficha descriptiva se adjunta una imagen representativa de la muestra.

A continuación se muestra la ficha (tabla 8):

<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN ARQUEOPETROLÓGICA</b>			
<b>1. DATOS DE REGISTRO</b>			
Yacimiento/Campaña			
Sigla			
<b>2. ANÁLISIS TECNOTIPOLOGICO</b>			
Soporte y dimensiones			
Tipo primario			
<b>3. OBSERVACIÓN LUPA BINOCULAR</b>			
<b>CÓRTEX</b>		<b>SÍLEX</b>	
Aspecto		Aspecto	
Color		Color	
Litología		Pátina	
%		Homogeneidad	
Grosor		Textura heredada	
Delimitación		Clastos/Comp. no esqueléticos	
Elementos fig.		Micropaleontología	
Observaciones Generales y otros aspectos			
Calidad y aptitud para la talla			
<b>4. VARIEDAD</b>			
<b>5. IMAGEN</b>			

Tabla 8. Ficha arqueopetrologica de caracterización macroscópica utilizada en este trabajo.

### 6.1.2.2. Ficha geológica de descripción de afloramientos y material silíceo

A partir de modelos como el de Mangado (1997), Féblot-Augustins *et al.* (2010a) y Rosell *et al.* (1997) se ha generado también una ficha propia para el trabajo de campo con los elementos discriminantes que creemos más relevantes e importantes para nuestro análisis, adaptados a los intereses de carácter prehistórico que los afloramientos pueden aportar. En la ficha se pueden diferenciar hasta cinco apartados.

1<sup>er</sup> apartado "Datos de registro": en este apartado se recogen los datos referentes a la sigla de la muestra, el prospector y la fecha de recolección de la misma.

2<sup>o</sup> apartado "Descripción afloramiento": en este apartado se recogen los datos referentes a la localización y acceso del afloramiento, a la disponibilidad de materia prima y también se hace una descripción del contexto geológico. En él se describe el tipo de afloramiento (primario o secundario), la edad geológica del estrato que contiene el material silíceo, la unidad, grupo, formación / complejo, miembro y/o nivel donde se halla el material silíceo. También se documenta el tipo de litofacies<sup>8</sup> que presenta.

Para finalizar el apartado se pueden documentar unas "Observaciones generales", donde se permite registrar todos aquellos aspectos que no han tenido cabida en los criterios anteriores de la clasificación, pero que poseen cierta relevancia para ser mencionados en la descripción y caracterización de la muestra.

3<sup>er</sup> apartado "Explotación de la materia prima": en él se registran aspectos como la explotabilidad potencial del sitio, observando sus características favorables o desfavorables para las posibles actividades extractivas prehistóricas; se hace una valoración sobre la calidad y aptitud para la talla del material recolectado y por último se relaciona dicho afloramiento con un yacimiento arqueológico en concreto.

4<sup>o</sup> apartado "Observación lupa binocular": este apartado ha quedado descrito anteriormente para la ficha de descripción arqueopetrográfica, donde se utilizan los mismo parámetros descriptivos. En el subapartado de "Material encajante" se han adaptado algunos conceptos.

---

<sup>8</sup> Criterio sólo aplicable a rocas de origen silíceo.

5º apartado "Imagen": para finalizar la ficha descriptiva se adjunta una imagen representativa de la muestra.

A continuación se muestra la ficha (tabla 9):

<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO Y MATERIAL SILÍCEO</b>			
<b>1. DATOS DE REGISTRO</b>			
Sigla			
Prospector y fecha de recolección			
<b>2. DESCRIPCIÓN AFLORAMIENTO</b>			
Localización y acceso			
Disponibilidad			
Contexto geológico y descripción	Tipo de afloramiento		
	Edad		
	Unidad		
	Grupo		
	Formación/Complejo		
	Miembro		
	Nivel		
	Estructura o Litofacies		
Observaciones			
<b>3. EXPLOTACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</b>			
Explotabilidad potencial del sitio			
Calidad y aptitud para la talla			
Yacimiento relacionado y distancia			
<b>4. OBSERVACIÓN LUPA BINOCULAR</b>			
MATERIAL ENCAJANTE		SÍLEX	
Aspecto		Aspecto	
Color		Color	
Litología		Pátina	
Delimitación		Homogeneidad	
Elementos fig.	Textura heredada		
	Clastos/Comp. no esqueléticos		
	Micropaleontología		
Observaciones generales			
<b>5. IMAGEN</b>			

Tabla 9. Ficha de caracterización de afloramiento y material silíceo utilizada en este trabajo.

### 6.1.3 Análisis microscópico (MO)

Hace décadas que los geólogos han definido y caracterizado petrológicamente todo tipo de rocas, entre ellas, las rocas sedimentarias silíceas (Tarrío 1998). Como resalta Mangado (2004:64), estos estudios de caracterización petrológica se deben considerar como fundamentales en la praxis arqueológica actual porque han hecho que la evaluación de los instrumentos líticos como evidencias tangibles de las capacidades económicas y conocimientos técnicos de los grupos humanos prehistóricos fuera más fácil para los prehistoriadores, tal y como veremos más adelante.

La microscopía óptica de polarización es una técnica analítica basada en el estudio mediante la preparación de láminas delgadas y luz polarizada, de las características ópticas de los minerales que se encuentran en una roca (Riba 1997). El estudio de lámina delgada contempla dos niveles de análisis; por un lado, analiza de manera individualizada cada mineral presente en la muestra y, por otro lado, analiza la muestra en su conjunto, o sea, teniendo en cuenta la estructura de la roca estudiada, así como las relaciones y disposiciones entre los mismos elementos que la conforman, que denominamos textura (Mangado 2004). Estos estudios microscópicos son posibles gracias al principio que los minerales transparentes son cuerpos anisométricos, o lo que es lo mismo, que sus propiedades ópticas varían con la dirección en que la luz se propaga, pudiendo así determinar una serie de características individuales para cada mineral (García Vallés *et al.* 2006).

Este análisis se convierte en un instrumento de gran importancia a la hora de relacionar los restos líticos de los yacimientos con las áreas de procedencia geológica de las materias primas, ya que consideramos que materiales de unas mismas características deben de presentar un origen común (Mangado 2004).

Mangado (2004) nos propone dos ventajas que la petrografía puede aportar a nuestro estudio. La primera se trata de la aproximación a la identificación del ambiente de sedimentación en el cual se originó ese sílex y de este modo la posibilidad de poder establecer ambientes sedimentarios distintos que puedan ayudar a discriminar el origen de las muestras. Por otro lado, la posibilidad de la identificación de estructuras del sedimento reemplazado en la textura silícea la cual nos puede orientar en cuanto a la averiguación de los procesos diagenéticos sufridos por la muestra. Esta técnica nos puede ayudar a guiar futuras prospecciones y a determinar el origen de determinados sílex en pisos geológicos concretos (Mangado 2004, Navazo 2008).

El análisis macroscópico nos ha proporcionado una serie de características de cada una de las muestras, aún así, algunas de esas muestras requieren más atención ya que necesitan de un paso más en nuestra investigación. Las muestras que por su contenido han sido consideradas más interesantes y relevantes para nuestro estudio han sido tratadas para ser transformadas en lámina delgada y así, poder analizarlas y documentarlas más exhaustivamente con la ayuda del microscopio petrográfico de luz polarizada.

El microscopio óptico con el que se ha trabajado es ©Olympus modelo BX41, con cámara acoplada ©Olympus modelo SC-30 y las muestras han sido observadas a unos aumentos comprendidos entre 4 y 40 aumentos (teniendo en cuenta los 10 aumentos de cada ocular).

A continuación se presenta un listado de ventajas e inconvenientes de la observación microscópica de lámina delgada.

**VENTAJAS:** Se efectúa un análisis fidedigno de la muestra.

- Permite una identificación precisa de las microfacies, de los minerales y la morfología de sus cristales, de la micropaleontología así como de otros elementos y también, específicamente, permite determinar la textura y la trama de las fases de la sílice y aquellos aspectos heredados de las rocas a las que reemplazaron (Bustillo *et al.* 2012).
- La lámina delgada puede ser estudiada infinitas veces y si no es cubierta pueden serle aplicadas otras técnicas analíticas de estudio (por ejemplo, punciones).
- Su realización supone un escaso coste económico.

**INCONVENIENTES:**

- La muestra debe de ser parcialmente destruida.
- Para muestras de sílex - debido a su elevada dureza - se convierte un proceso largo, costoso y no apto para estudios que requieran resultados en un plazo de tiempo corto.
- Son necesarias otras técnicas adicionales para analizar elementos traza.
- Se necesita de equipamiento adecuado para su estudio (microscopio de luz polarizada) y de un especialista o persona con conocimientos petrográficos.

#### 6.1.4 Proceso de realización de una lámina delgada

En este apartado se procederá a explicar el proceso de realización de una lámina delgada en el Servicio de Lámina Delgada de la Facultad de Geología (UB) (fig. 74). Este servicio está ligado a la investigación y centra sus trabajos en la preparación y tratamiento de cualquier material sólido (de diferentes durezas y coherencias (pétreos, metálicos, etc.) para su posterior estudio con diferentes técnicas (como pueden ser la observación con microscopio petrográfico, análisis con microscopio electrónico, etc.



Fig. 74. Vista general del Laboratorio del Servicio de Lámina Delgada de la Facultad de Geología (UB).

1.- En primer lugar la muestra se marca, limitando la zona deseada por donde se deba cortar; esta zona debe de ser de especial interés para nuestro análisis y debe contener características importantes que sean relevantes para su estudio.

2.- Una vez marcada, la totalidad de la muestra es incluida en una mezcla de Araldite AY 103-1 y endurecedor HY 951 en una proporción 5:1 para formar la resina epóxida que la envolverá. Este proceso es irreversible y la resina ya no podrá separarse de la muestra. El endurecedor actúa como catalizador provocando que la resina se adhiera a la muestra. El proceso de inclusión finaliza con la muestra convertida en un bloque rectangular de resina y la muestra totalmente englobada en él.

3.- Esta muestra englobada se introduce en una estufa durante 24 horas a una temperatura de 40 °C para que se endurezca totalmente, pierda toda el agua que pudiese englobar la muestra y finalmente pueda ser pulida (fig.75 y 76).



Fig.75. Estufa para secar y deshidratar las muestras.



Fig. 76. Diversas muestra incluidas en resina listas para ser pulidas.

4.- El siguiente paso es el pulido de la muestra; el propósito de esta acción es el de dejar una superficie lo suficientemente plana como para que el vidrio pueda adherirse a la muestra. El primer paso para este pulido es someter manualmente la muestra a un abrasivo, el papel de lija de medida de grano 80, y el segundo paso, acaba de pulir la pieza de las pequeñas irregularidades y posibles poros de la muestra con la ayuda de otro abrasivo, esta vez en polvo, el Carburundum de tres medidas de grano consecutivas, 400, 600 y por último, 800 (de mayor a menor grosor) (fig.77).



Fig.77. Pulido y lavado simultáneo de la muestra para eliminar los restos del proceso.

5.- Una vez pulida la muestra se procede a pegar el vidrio que conformará la futura lámina a la superficie pulida con resina epóxida. Este proceso se realiza dentro de la campana de gases.

6.- La muestra con el vidrio pegado se introduce en la estufa otras 24 horas a 40 °C, pero esta vez las muestras se someten a la presión de una prensa para facilitar que la resina se adhiera bien a la muestra y no se pueda despegar.

7.- Una vez muestra y vidrio forman una sola pieza la muestra es serrada por el lado contrario al del vidrio hasta llegar a un grosor de 1 mm. Nuestras muestras, al ser de sílex, son de especial dureza y han debido de ser serradas con una sierra especial automática, modelo ©Diamant Board. Su proceso es más costoso que el de otras muestras de otros materiales más blandos.

8.- El proceso de desbaste se realiza con una sierra modelo ©Logitech LP40 para acabar de rebajar el grosor de la muestra porque aun es demasiado grosero, rebajándose hasta 30  $\mu$ , el grosor deseado para estudiar el material en lámina delgada. Este proceso es realizado por una pulidora automática con la ayuda de otro abrasivo, el Carburundum de medida de grano 800 (fig. 78).

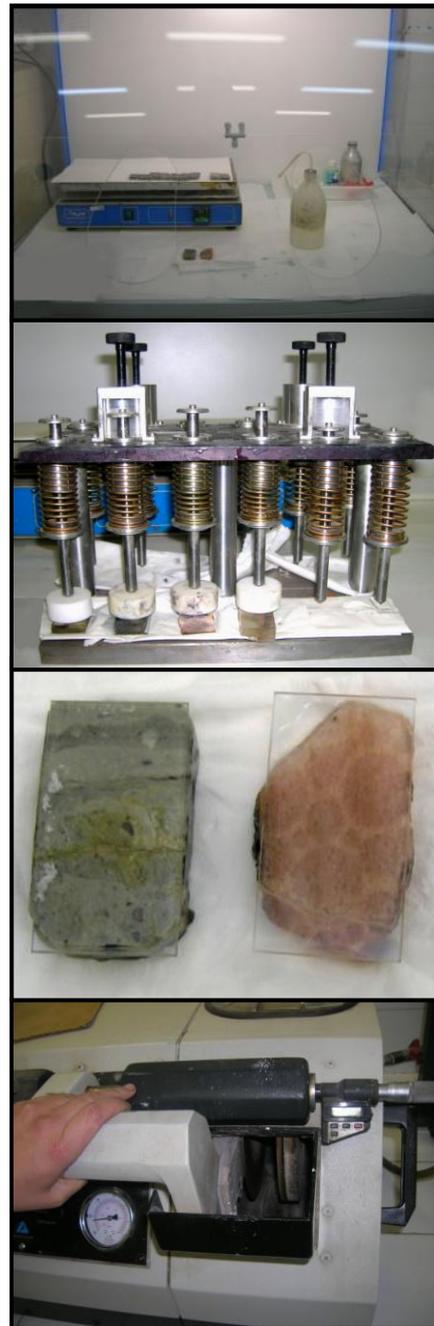


Fig. 78. Proceso de pegado del vidrio en la campana de gases, muestras con el vidrio ya pegado y por último, serrado de las muestras con sierra Diamant Board ©.

La realización de láminas delgadas de este grosor se debe al hecho que la gran mayoría de minerales, a esta escala, se convierten en transparentes y por lo tanto en cuerpos anisométricos y ese es precisamente el fundamento para su posterior identificación al microscopio petrográfico.

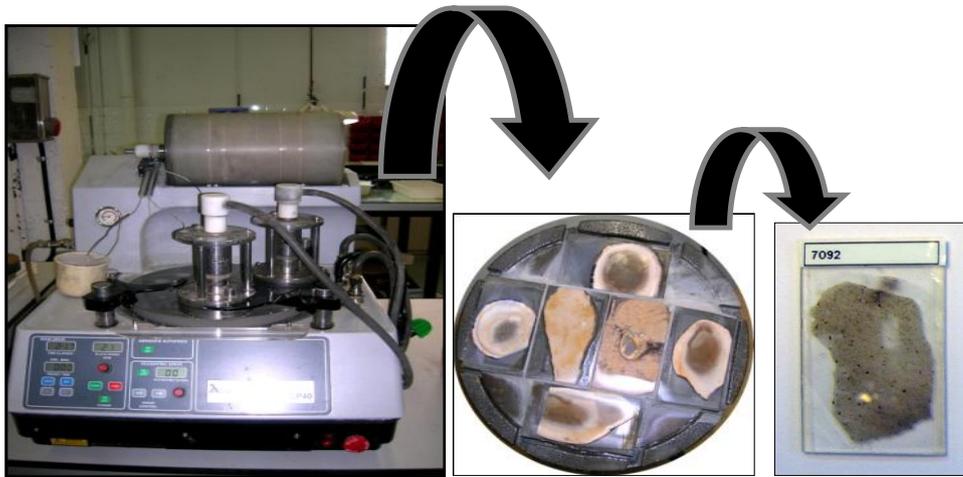


Fig. 79. Última fase del proceso de obtención de una lámina delgada; muestras en pulidora automática ©Logitech LP 40 y lámina delgada finalizada.

9.- El proceso ha finalizado y se ha obtenido una lámina delgada lista para ser analizada en el microscopio petrográfico (fig. 79, fig. 80)

Debido a la extrema dureza que presentan nuestras muestras este proceso tiene una duración de hasta 14 días para poder realizar una sola lámina delgada a partir de la pieza.



Fig. 80. Equipo completo del laboratorio, compuesto por microscopio óptico (izquierda) y lupa binocular (derecha), ambos conectados a ordenador integrado con cámara. Departamento de Historia i Arqueologia de la Facultat de Geografia i Història (Universitat de Barcelona).

#### 6.1.5 Parámetros para la descripción de las muestras y ficha de caracterización microscópica

Este estudio también necesita de una ficha descriptiva para documentar y recoger de manera sistemática todas las observaciones y descripciones y se ha realizado a partir de las fichas de descripción microscópica para rocas silíceas de Rosell *et al.* (1997) y de Mangado (2004).

La ficha contiene seis apartados.

1<sup>er</sup> apartado "Datos de registro", contiene la información relativa a la sigla que identifica la muestra, el tipo de roca y su localización, ya sea en afloramiento o en yacimiento.

El 2º Apartado referente a los "Componentes" de la muestra se divide en "No silíceos" y "Silíceos". En referencia a los componentes "No silíceos" se incluye la observación de material encajante/córtex y de qué tipo (fig. 81); si contiene texturas relictas, o lo que es lo mismo, si se pueden reconocer los componentes originales a través de ellas; la observación de clastos u otros componentes no esqueléticos (de origen inorgánico), y por último se va a documentar la presencia de pseudomorfos - aquellos minerales que conservando su hábito original han sido sustituidos por otro-.

La subdivisión de componentes “Silíceos” distingue las diferentes variedades de minerales de la sílice – megacuvarzo, microcuvarzo, calcedonia y ópalo - en sus distintos porcentajes.

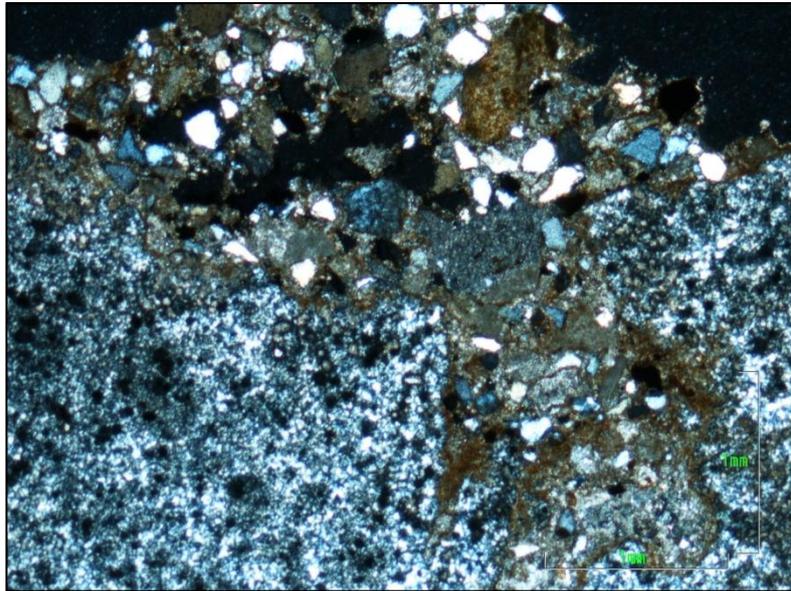


Fig. 81. Material encajante observado en la muestra geológica "FOND" (procedente de Fondespatla); microscopio óptico, nícoles cruzados y escala 1 mm.

3<sup>er</sup> Apartado, llamado: "Si roca original carbonatada", tal y como indica su título sólo es aplicable a las muestras que cumplan dicha condición. Se subdivide en: "textura heredada", la cual se describirá mediante la clasificación Dunham; se describirán sus componentes no esqueléticos de origen orgánico (ooides, peloides, pellets, etc.) así como sus componentes esqueléticos o Micropaleontología. Otro aspecto a documentar cuando la roca cumpla este requisito será la microfacies observada.

4<sup>o</sup> Apartado "Micropaleontología": aquí se recogen algunos de los fósiles (componentes esqueléticos) más comunes hallados en el sílex, tanto de origen algal, vegetal, o animal; incluso se ha contemplado la posibilidad de documentar las huellas que algunos organismos pueden dejar en el sedimento (bioturbación). Por lo tanto, en la ficha hemos distinguido las siguientes clasificaciones; algas, foraminíferos, moluscos (pudiendo distinguir entre univalvo - por ej. gasterópodo- y bivalvo, entre otros), poríferos, crustáceos (por ej., ostrácodos), briozoos, bioturbación y el subapartado de "otros", para todos aquellos restos esqueléticos desconectados, fragmentados y no diferenciados.

5ª Apartado "Observaciones": en este apartado tienen cabida aquellos aspectos que no han podido ser descritos anteriormente.

6ª Apartado "Imagen": para finalizar la ficha descriptiva se adjunta una imagen representativa de la muestra.

A continuación presentamos la ficha descriptiva que hemos realizado (tabla 10).

<b>FICHA DE DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA</b>							
<b>1. DATOS DE REGISTRO</b>							
Sigla	Tipo de roca			Localización geográfica (afloramiento o yacimiento)			
<b>2. COMPONENTES (%)</b>							
NO SILÍCEOS				SILÍCEOS			
Material encajante/córtex				Megacuarzo			
Texturas relictas				Microcuarzo			
Clastos/comp. no esqueléticos				Calcedonia			
Pseudomorfos				Ópalo			
<b>3. SI ROCA ORIGINAL CARBONATADA</b>							
Textura heredada			Componentes no esqueléticos			Microfacies	
<b>4. MICROPALÉONTOLOGÍA</b>							
Algas	Foraminíferos	Moluscos	Poríferos	Crustáceos	Briozoos	Bioturbación	Otros
<b>5. OBSERVACIONES</b>							
<b>6. IMAGEN</b>							

Tabla 10. Ficha de caracterización microscópica utilizada para este trabajo.

### 6.1.6 Análisis por Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

El microscopio electrónico de barrido (MEB) es aquel que utiliza un haz de electrones en lugar de un haz de luz para formar una imagen. Los electrones, previamente acelerados en un campo magnético, barren la superficie de la muestra dando lugar a una imagen en blanco y negro y en tres dimensiones proyectada en una imagen digital o de televisión. Para nuestro estudio se ha utilizado un microscopio electrónico modelo ©INSPECT – S FEI COMPANY y se ha analizado mayoritariamente sobre un fragmento de la muestra de mano, aunque es posible hacerlo también sobre lámina delgada.

#### 6.1.6.1 Preparación previa de las muestras

Dichas muestras han sido debidamente fragmentadas para obtener el tamaño óptimo para su estudio ( $\approx 1 \times 1$  cm), montadas y enganchadas al soporte que permitirá su perfecta colocación dentro del microscopio electrónico (fig. 82).

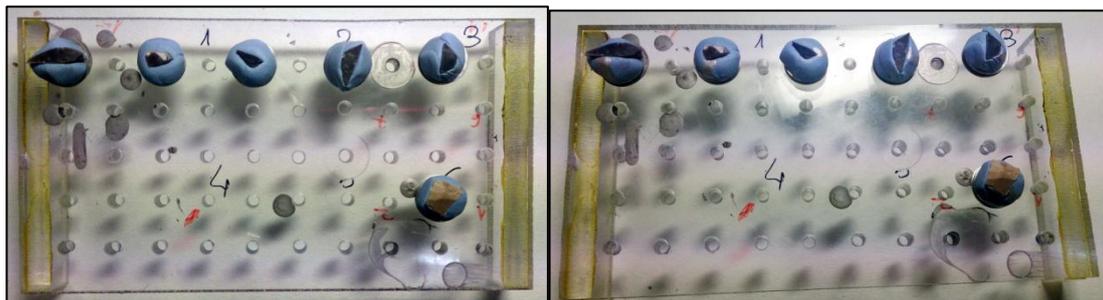


Fig. 82. Izquierda: muestras montadas sin metalizar. Derecha: muestras montadas y metalizadas.

Otro requisito que han de cumplir las muestras a analizar es que sean buenas conductoras de la electricidad y en nuestro caso particular, las muestras de sílex no lo cumplen. Es por este motivo que las muestras han de ser metalizadas con una película de carbono metal (u oro) permitiendo así que el haz de electrones incida en ellas y obtener su imagen al microscopio (fig. 83).

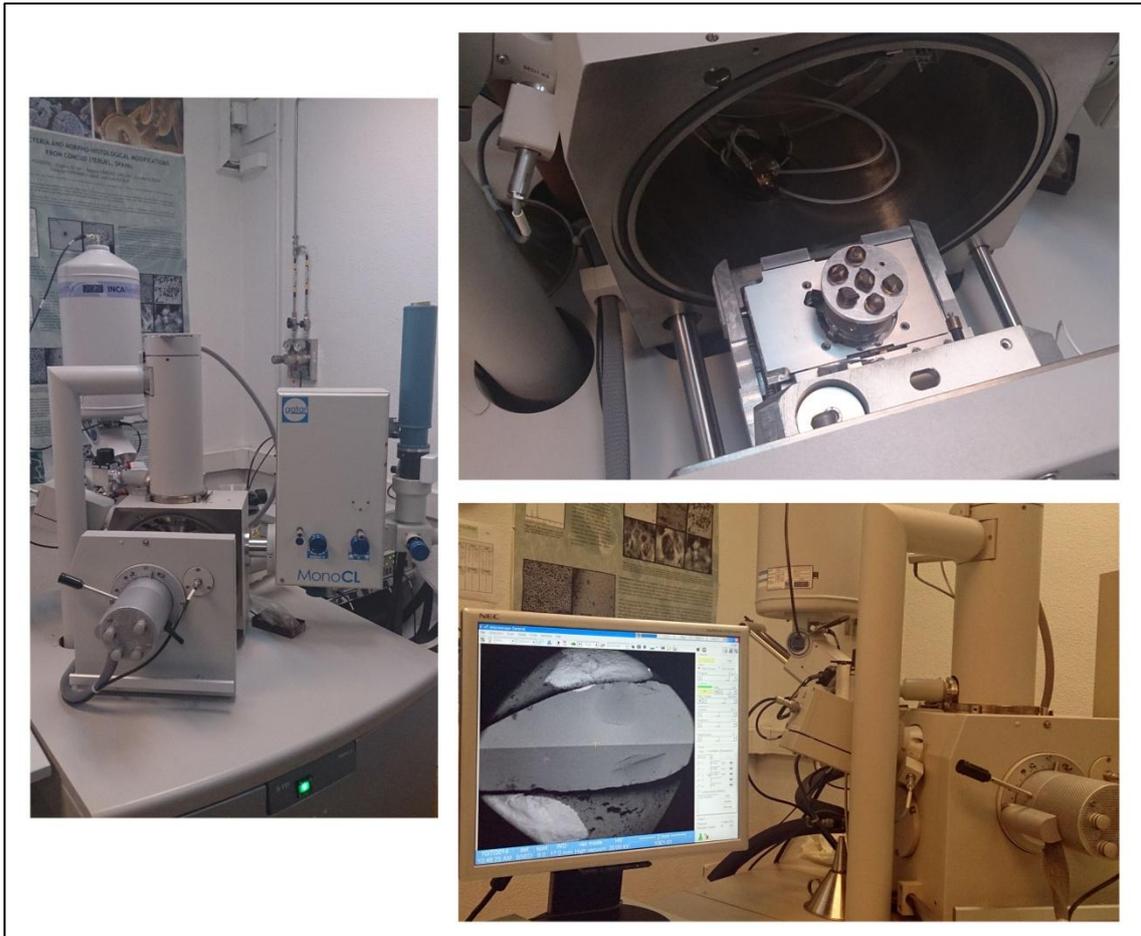


Fig. 83. Instantáneas que ilustran la introducción y visionado de las muestras en el microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

A continuación presentamos un listado de ventajas e inconvenientes de este método.

#### VENTAJAS

- Permite un rango de aumentos mucho mayor que el microscopio óptico (de 10 aumentos a 200.000 aumentos).
- Mediante la observación de las texturas superficiales de los granos es posible la determinación y la reconstrucción de las condiciones paleoambientales (Bull 1983).
- Dependiendo del tamaño de la muestra será un método no destructivo.

## INCONVENIENTES

- Para este análisis se necesita que la muestra sea buena conductora de la electricidad. En caso contrario, esta debe de ser tratada con una película de carbono o metal (oro) para su análisis.
- Se necesita de equipamiento caro para su estudio (microscopio electrónica de barrido y energía dispersiva) y de un especialista o persona con conocimientos para su utilización.
- Con este análisis se generan un gran número de datos potenciales, que deben de ser tratados por un especialista (Bull 1983).
- El análisis con microscopio electrónico nos permite determinar dos parámetros: la textura y el análisis de elementos.
- La observación directa del relieve obtenido en la fractura permite ver las formas de los cristales, así como formas amorfas o semiamorfas y otros aspectos de la roca tales como porosidad, etc. (fig. 84).

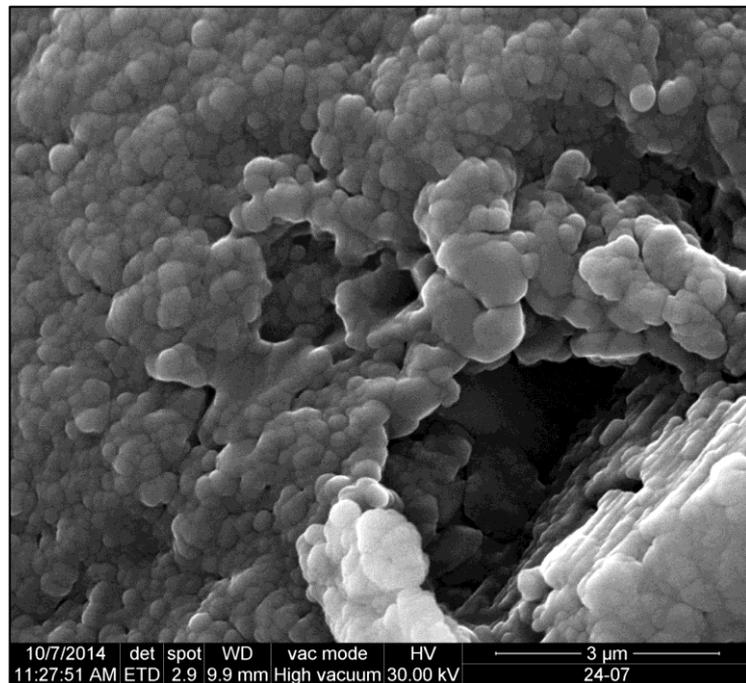


Fig. 84. Fondo compuesto por microesferas de sílice observadas en la muestra geológica procedente de Ballobar. Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Otra de las características de este método es la posibilidad de analizar las muestras mediante energía dispersiva (EDS). El espectro de radiación emitido por un mineral en el proceso puede ser utilizado para hacer un microanálisis químico semicuantitativo mediante espectrometría de dispersión de longitudes de onda.

Para el análisis de elementos (fig. 85) se puede utilizar indistintamente los fragmentos de las muestras de mano o las láminas delgadas, aunque en nuestro caso sólo hemos utilizado los fragmentos de las muestras de mano.

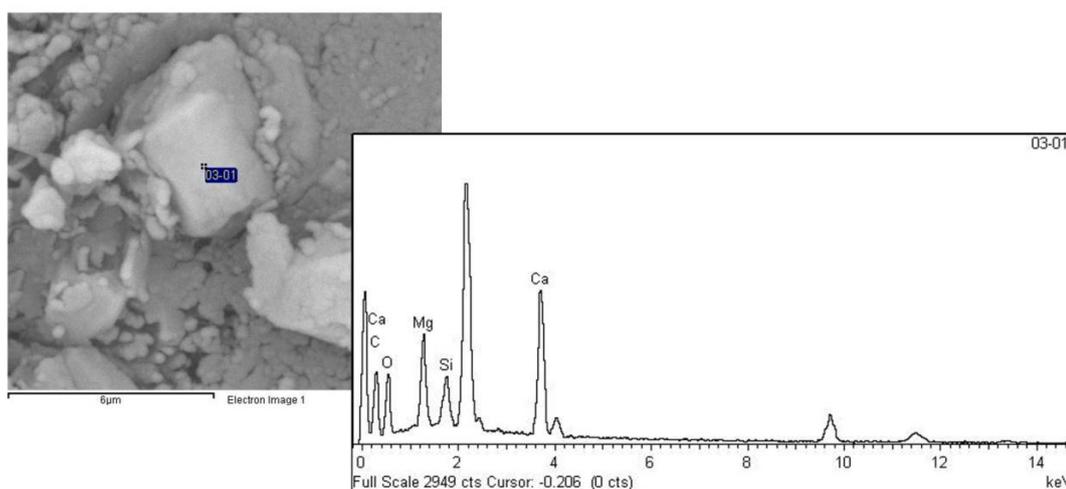


Fig. 85. Muestra "HB13.H8.179". Visión de un cristal romboidal de la muestra y espectrograma semicuantitativo de elementos que confirman que el cristal es de dolomita. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 6.1.7 Análisis por Espectroscopía micro-Raman

La Espectroscopia micro-Raman acoplada a un microscopio confocal es una técnica física que realiza un estudio vibracional, rotacional y de otros modos de bajas frecuencias de las muestras. Depende de la dispersión inelástica, o dispersión Raman de luz monocromática, normalmente de una luz láser en el visible, cerca del infrarrojo o del rango ultravioleta (Dubessy *et al.* 2012a). La luz láser interacciona con los fotones u otras excitaciones en el sistema provocando aumentos y descensos en la energía de la muestra. Estos cambios en la energía dan información analítica sobre la muestra. Para facilitar las asignaciones de bandas Raman se utiliza la base de

datos libre web de Arizona RRUFF Raman y el sistema de búsqueda de la plataforma Web of Science (antes conocida como Web of Knowledge).

La muestra no necesita ser preparada y sólo hace falta un pequeño volumen de ésta, ya que el haz inicial incide sobre una superficie de  $< 1 \mu\text{m}$  de diámetro (Dubessy *et al.* 2012b, Pérez-Jiménez *et al.* 2010).

Para nuestro estudio se ha utilizado el ©Raman Thermo Fischer Microscope (fig. 86), microscopio multifuncional que permite ver y analizar con espectroscopia Raman puntos con resolución espacial de 1 micra.



Fig. 86. ©Raman Thermo Fischer Microscope con pantalla de televisión del laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Dicho microscopio incluye 2 láseres de 532 y de 780 nm y un avanzado programa que ofrece espectros con platina motorizada, el cual permite mapeos espectrales.

A continuación presentamos un listado de ventajas e inconvenientes de esta técnica.

## VENTAJAS

- Es un método no destructivo que además proporciona resultados en tan sólo unos segundos.
- El análisis se hace directamente sobre el material a analizar o su lámina delgada y no necesita de ninguna preparación previa (fig. 87).
- Es especialmente valioso para el estudio de las rocas silíceas, porque con él se detecta fácilmente la fase mineral de la moganita, pudiéndose cuantificar en relación al cuarzo (Bustillo *et al.* 2010) (fig. 88).

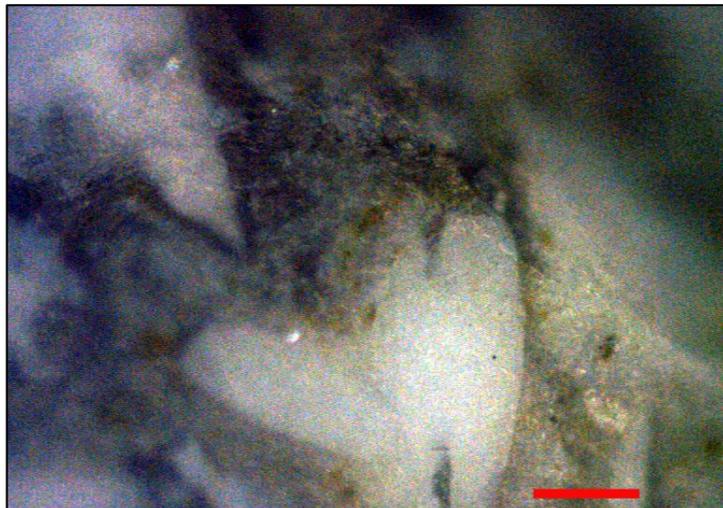


Fig. 87. Fotografía detalle de algunos relictos de lenticulas de yeso incluidas en el córtex de la muestra "HB12.H6.1044", con escala de 1 mm. Se aprecia la poca definición gráfica que este método proporciona. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

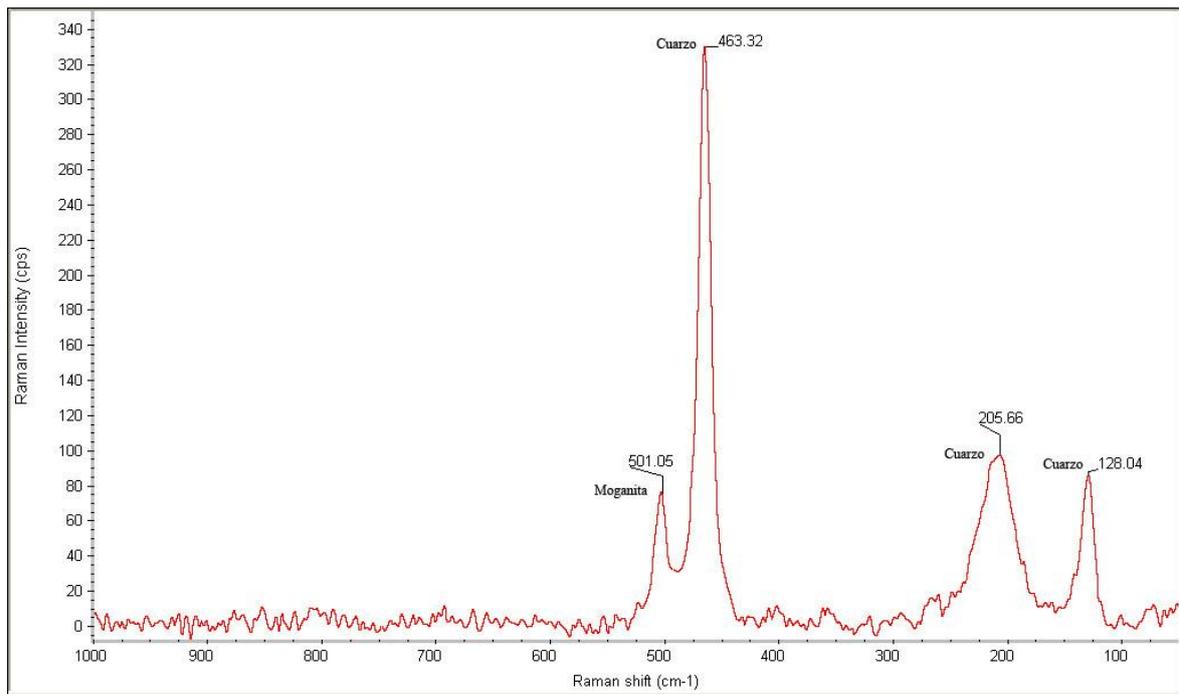


Fig. 88. Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra “HB12.H6.1044” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

## INCONVENIENTES

- Se necesita de equipamiento caro para su estudio (microscopio Raman) y de un especialista o persona con conocimientos para su utilización.
- No nos permite el análisis de texturas de las rocas, sólo de fases mineralógicas.
- En muestras con mucha fluorescencia este método no produce un espectro adecuado porque no detecta bien las fases minerales.

### 6.1.8 Análisis por Difracción de Rayos X (DRX)

La Difracción de Rayos X es el fenómeno físico que se produce al interaccionar un haz de rayos X, de una determinada longitud de onda, con una sustancia cristalina. Este fenómeno se basa en la dispersión coherente del haz de rayos X por parte de la materia, manteniendo la longitud de onda de la radiación, y la interferencia constructiva de las ondas que están en fase provoca que se dispersen en determinadas direcciones del espacio (Ley de Bragg).

Esta técnica permite abordar la identificación y caracterización de fases cristalinas - ya que todos los sólidos cristalinos poseen un difractograma característico- tanto en su aspecto cualitativo como cuantitativo, así como estudiar el polimorfismo, las transiciones de fase y soluciones sólidas, la medida del tamaño de partícula y el índice de cristalinidad de una muestra.

#### 6.1.8.1 Preparación previa de la muestra

El abanico de posibilidades que dicha técnica proporciona es el motivo para que se precise de una preparación previa de la muestra. Dicha muestra es molida mecánicamente o a mano - dependiendo de su dureza- en un mortero hasta obtener una textura pulverulenta. A continuación, con el polvo de la muestra se rellena un porta objetos y se cubre con una lámina de cristal.

Es en este momento cuando ya disponemos de una muestra lista para ser introducida en el aparato de Difracción de Rayos X, insertándose por una ranura especial del difractómetro (fig. 89).

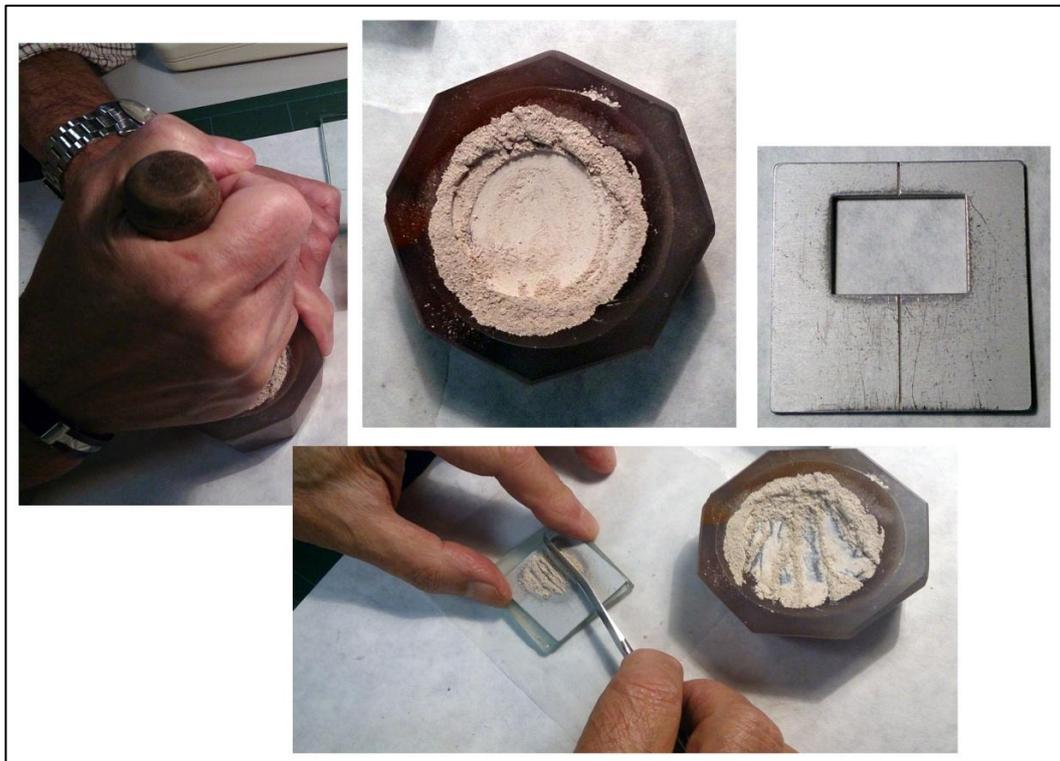


Fig. 89. Proceso de trituración y molido de una muestra con el mortero e introducción del polvo en el portaobjetos para acabar de prensarlo. Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

En ese momento se acciona la alta tensión (40 kw – 40 mA) y se pone en funcionamiento el programa estándar que produce que los Rayos X incidan en la muestra, empezando automáticamente la medición, que se observa en forma de difractograma, en la pantalla del ordenador acoplado (fig. 90).

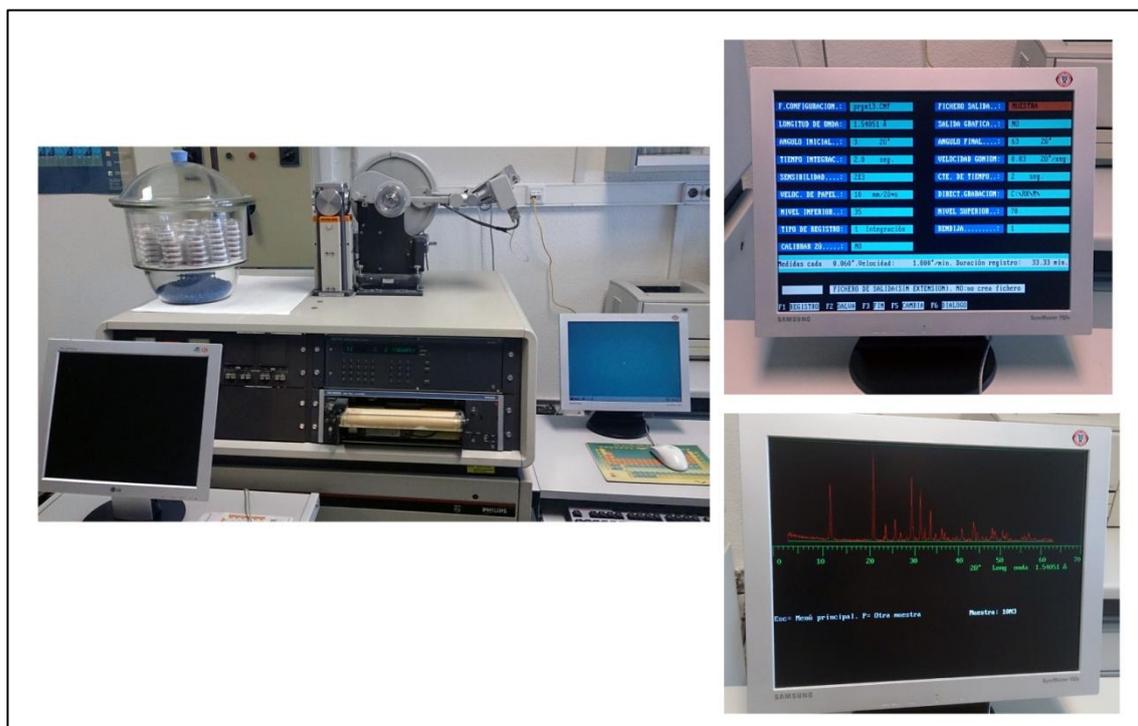
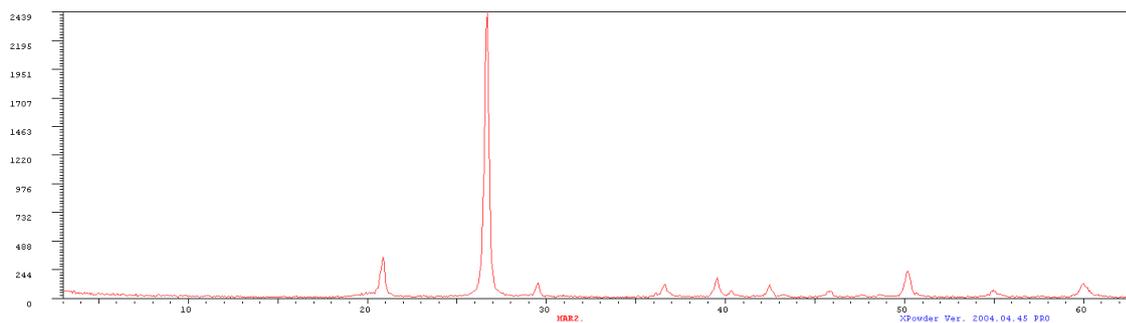


Fig. 90. Difractómetro conectado a un ordenador donde se introduce el programa y más tarde emite un difractograma con los picos más importantes de las fases minerales halladas. Aparatología del Laboratorio de técnicas destructivas (DRX) instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

Para el análisis se trabajó sobre muestras de polvo total y se utilizó un difractómetro ©Philips, modelo PW1710, operando a 40 Kv y 30 mA, con radiación  $\text{Cu K}\alpha = 1.54051\text{\AA}$  y monocromador de grafito. Se trabajó con un ángulo que iba de  $3^\circ$  a  $65^\circ 2\theta$  y mediante la utilización de la versión de 2014 del programa Xpowder (<http://www.xpowder.com/>) se determinaron semicuantitativamente las proporciones de los minerales (fig. 91), así como sus índices de cristalinidad (Bustillo y La Iglesia 1979, Doce y Alcober 1997).



Card	Phase	RIR	% Weigth	Mu/rho	% Weight
79-1906	Quartz	· · Si	04.70 · 92.4(9.6)	0034.5 · 92.4(8.8)	91.9(8.7)
79-0586	Calcite, syn =		02.00 · 07.6(0.6)	0084.8 · 07.6(0.8)	07.5(0.8)
	Global amorphous stuff		00.55 ········	··········	········ 00.6····
Density= 2.656(g·cm <sup>-3</sup> ) μ/Dx of the mixture= 39.8 cm <sup>2</sup> ·g <sup>-1</sup>					

Fig. 91. Difractograma y resultados obtenidos para el análisis de la muestra de sílex "HB09.G6.3590" correspondiente al "Tipo 2" o "sílex de carófitos"; muestra arqueológica procedente de l'Hort de la Boquera. Laboratorio de técnicas destructivas (DRX) instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

## VENTAJAS

- Se necesita poca muestra, un mínimo de 8 gramos.
- Proporciona resultados en tan sólo unos minutos, permitiendo conocer qué fases cristalinas contiene la muestra.
- Permite calcular los índices de cristalinidad de las muestras.

## INCONVENIENTES

- Es un método destructivo que necesita la pulverización de la muestra.
- Se necesita de equipamiento adecuado para su estudio (difractor) y de un especialista o persona con conocimientos para su utilización.

## 6.2 Técnicas geoquímicas

El estudio geoquímico de rocas de sílice puede jugar un papel importante en su caracterización debido a dos causas diferentes. Por un lado, porque durante los procesos de disolución de la roca encajante las soluciones resultantes quedan enriquecidas en elementos susceptibles de ser incluidos en las fases opalinas precipitadas posteriormente. Por otra parte, aunque los procesos de silificación sean muy intensos, suelen quedar pequeños relictos de roca encajante difíciles de valorar por los análisis mineralógicos estándar, pero que de forma indirecta sí pueden inferirse a través de su composición química.

Veamos a continuación una introducción para la única técnica geoquímica que se empleó en el análisis de nuestras muestras:

### 6.2.1 Análisis por Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA)

El Análisis por Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser o ICP-MS-LA (en adelante) es una técnica de análisis inorgánico que es capaz de determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica en un rango dinámico lineal de 8 órdenes de magnitud (ng/l – mg/l). El equipo está dotado con un láser para pulverizar la muestra, una fuente de plasma de acoplamiento inductivo, que se encarga de ionizar la muestra, un monocromador que emite una radiación electromagnética en una determinada longitud de onda y una serie de detectores (imanes) dedicados a cada elemento y que se encuentran situados en diferentes posiciones del plano focal. La ablación se produce cuando el láser incide sobre el punto exacto de la muestra a analizar y la pulveriza. Gracias a una corriente de Ar, el polvo resultante se dirige hacia el interior del ICP-MS-LA pudiendo así ser analizado por los detectores del mismo. Es una técnica versátil y puede analizar muestras en diferentes estados: sólido, líquido y gaseoso pero su principal característica es que posee unos

límites de detección muy bajos, llegando a detectar partes por trillón (ppt) de la mayoría de elementos de la tabla periódica, facilitando sobremanera el análisis de elementos traza.

Antes de empezar a analizar cualquier tipo de muestra se debe de intuir qué elementos sospechamos encontrar (por ejemplo, Tierras Raras) y se debe programar el ICP-MS-LA para que así los detectores funcionen correctamente (fig. 92).

Un aspecto importante de la técnica es el tratamiento previo diferencial que sufren las muestras dependiendo de su estado, aunque nosotros, por razones obvias, vamos a centrarnos exclusivamente en el tratamiento de muestras en su estado sólido.



Fig. 92. Instantánea que ilustra el momento en que el Dr. Anders Scherstén, director del laboratorio, muestra el cajón del ICP-MS-LA (©Bruker modelo Aurora M90) donde van a ser inseridas las muestras, siendo supervisado bajo la atenta mirada del Dr. Anders Högberg (Universidad de Linnaeus, Kalmar). Laboratorio  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de Geocronología de la Universidad de Lund.

Antes de exponer el proceso de preparación de las muestras debemos realizar una breve explicación sobre el porqué del mismo.

El análisis mediante ICP-MS-LA es posible y es igual de efectivo tanto en muestra de mano pulida incluida en resina epóxida como sobre lámina delgada sin cubrir. Aunque el proceso de creación de las pastillas de resina es más costoso, sobre todo en tiempo, se consideró oportuno por 3 motivos:

- a) Aprender la técnica nos parecía fundamental
- b) Disponíamos de gran cantidad de muestra para analizar
- c) Queríamos preservar la integridad de las láminas delgadas de las que disponemos

Un disparo de láser puede no apreciarse a simple vista, pero a nivel microscópico puede degradar una parte de la lámina delgada y perder así información mineralógica y textural para siempre.

#### 6.2.1.1 Preparación previa de las muestras

Este tipo de análisis puede ser destructivo o no destructivo, dependiendo del tamaño original de la muestras. Ya que la muestra sólida debe de introducirse en un cajón de medidas que oscilan entre los 5x5 cm a los 15x15 cm (dependiendo del modelo de ICP-MS-LA) dependerá del tamaño de la muestra original que se pueda o no introducir sin fraccionar previamente. Este hecho es importante para las muestras arqueológicas, las cuales normalmente se prefieren dejar intactas, o incluso para las muestras geológicas, si es que disponemos de poca cantidad de las mismas.

Después de ser fragmentadas en trozos inferiores al medio centímetro, las muestras han de ser incluidas y montadas en una superficie plástica (fig. 93).

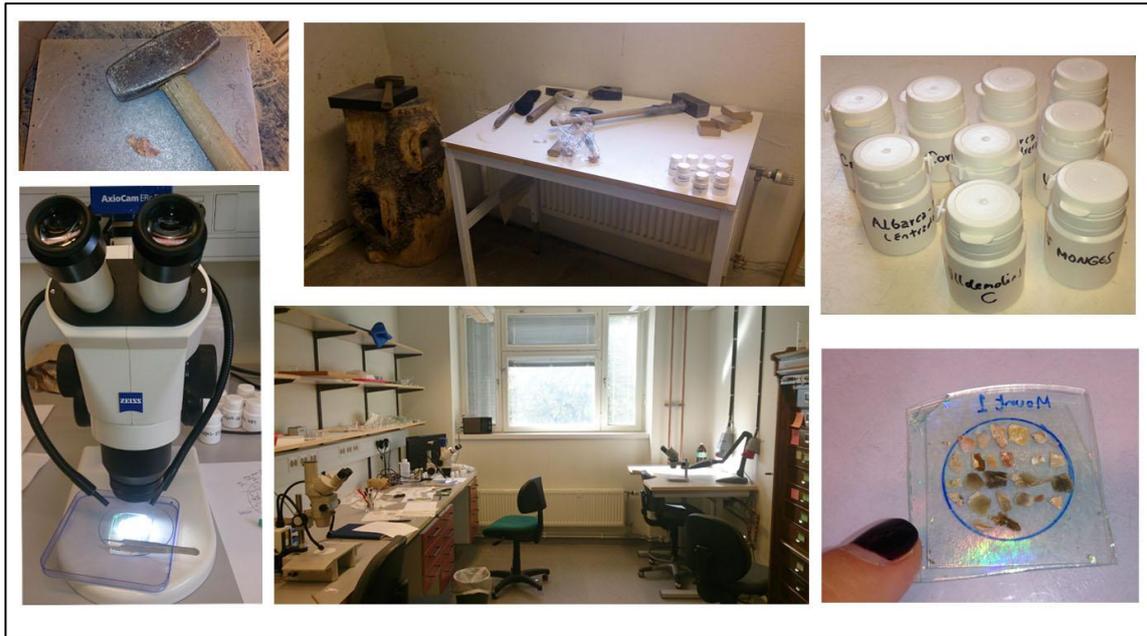


Fig. 93. Proceso de preparación de muestras para analizarlas al ICP-MS-LA. Fragmentación y enganche. Sala de trituración y sala de petrografía, Geocentrum II, Universidad de Lund.

En nuestro caso montamos 32 muestras distribuidas en 2 láminas cuadrangulares de plástico donde se dibuja un círculo de 2,5 cm de diámetro, con el propósito de preparar las pastillas que serán introducidas en el ICP.

El siguiente paso es el relleno con resina epóxida para cubrir toda la superficie de las muestras. Para dicho propósito debemos realizar una mezcla de Araldite AY 103-1 y endurecedor HY 951 en una proporción 5:2; la mezcla se vierte en un recipiente y se remueve con una varilla de cristal para conseguir la máxima homogeneidad. A continuación se coloca un tubo de plástico del mismo diámetro del círculo que dibujamos previamente sobre la lámina plástica que contiene los fragmentos de las muestras. Se vierte el contenido hasta que cubre en su totalidad todos los fragmentos (fig. 94).

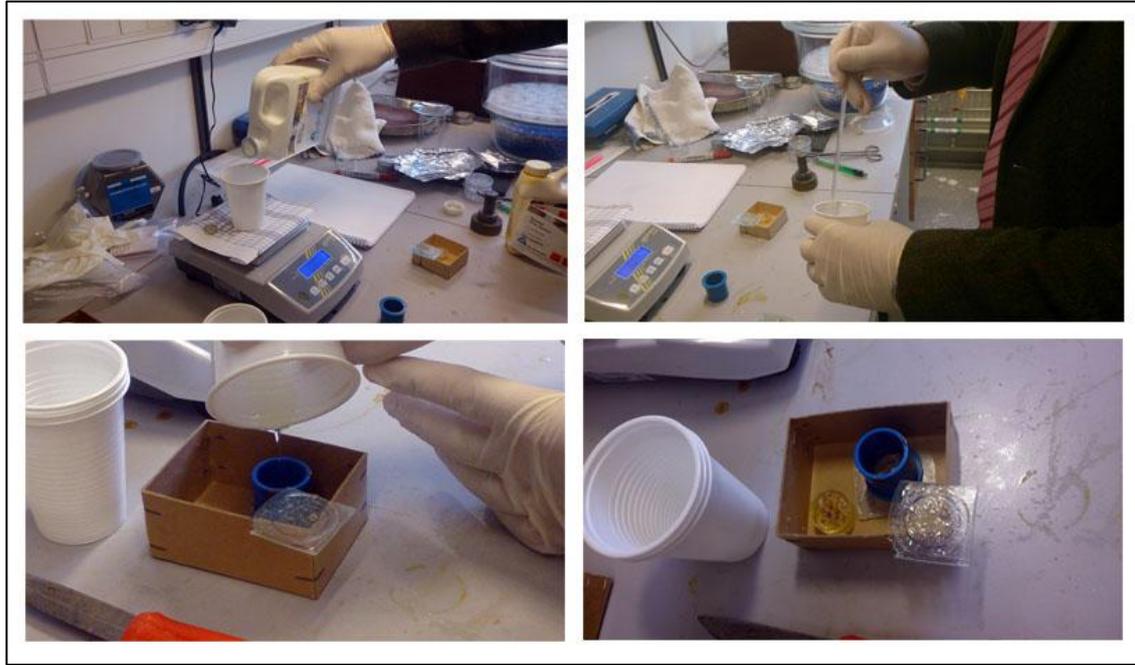


Fig. 94. Fotografías que ilustran el proceso de relleno de las muestras con la resina epóxida (Dr. Anders Scherstén). Laboratorio de cerámica, Geocentrum II, Universidad de Lund.

La resina se deja secar a temperatura ambiente durante 24-48 horas para proceder al pulido de la pastilla. El pulido se realizó en una pulidora rotatoria ©Struers Rotopol - 25 con 2 pletinas preparadas para rotar discos de 250 mm de diámetro (©Struers MD-PLAN). En primer lugar la pastilla se pule con el disco de mayor tamaño de grano (800  $\mu\text{m}$ ) para despojar la muestra de grandes rugosidades y posteriormente, para las pequeñas imperfecciones, se va puliendo sucesivamente con otros discos de granos más finos; empezando por el de de 9  $\mu\text{m}$  (fig. 95).



Fig. 95. Proceso de pulido de las muestras. Laboratorio de cerámica, Geocentrum II, Universidad de Lund.

A este disco se le va añadiendo agua y la mezcla de un lubricante a base de polvo de diamante en suspensión de  $9\mu\text{m}$  (©Struers Diapro plan 9) para facilitar el proceso de pulido. La muestra siempre debe estar húmeda en dicho proceso. Para muestras más complicadas, como por ejemplo, nuestras muestras silíceas, se necesitó de un pulido mucho más fino, realizado con discos de tamaño de grano de 3 y  $1\mu\text{m}$  y con sus mezclas correspondientes de lubricante de polvo de diamante de  $3\mu\text{m}$  y de  $1\mu\text{m}$ .

Para obtener un análisis satisfactorio con el ICP-MS-LA la fase de pulido requiere de algunas horas de dedicación y que la superficie sea lo más uniforme posible. El indicador de una superficie totalmente plana, y por ende, lista para analizar, aparece cuando los fragmentos presentan un aspecto brillante.

Un último paso previo antes de colocar las pastillas en el ICP-MS-LA (fig. 96) es la limpieza de las mismas con etanol al 70%.

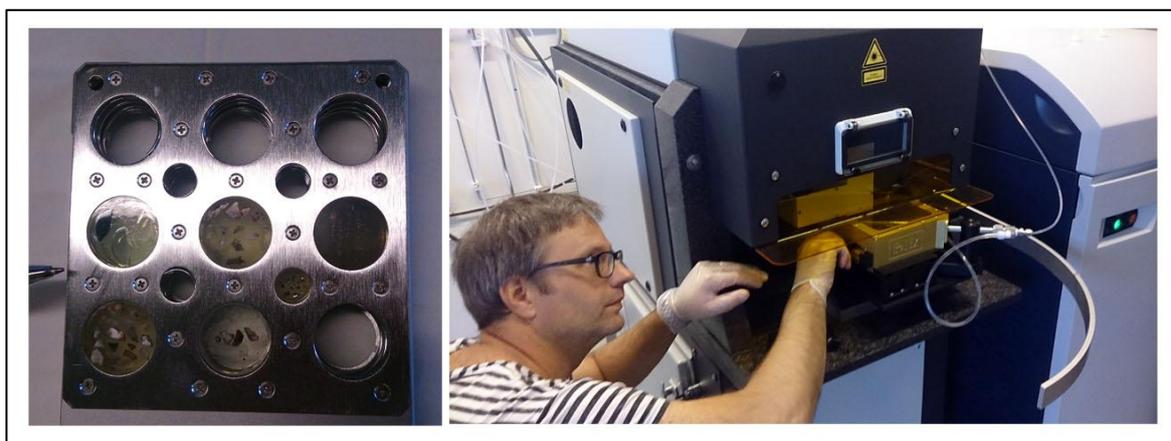


Fig. 96. Instantáneas que muestran el receptáculo donde se introduce la muestra sólida (en este caso, en forma de pastillas) a ablacionar y al Dr. Scherstén introduciéndolo en la cámara. Laboratorio  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  de Geocronología de la Universidad de Lund.

Para nuestro análisis se utilizó un ICP-MS-LA ©Brukers modelo Aurora M90 en el que se efectuaron 3 disparos de  $110\mu\text{m}$  de diámetro sobre cada fragmento (situados en zonas distintas según la muestra) (fig. 97) siendo programado para detectar los siguientes elementos químicos; como elementos mayoritarios: Al, Ca, Sc, Ti,  $^{52}\text{Cr}$ , Mn, Ni, Cu, Rb, Sr, Zr, Nb, Ba, Ca, Pb, Hf,

como Actínidos: Th, U y como tierras raras, Y, Sc<sup>9</sup> y Lantánidos (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu).

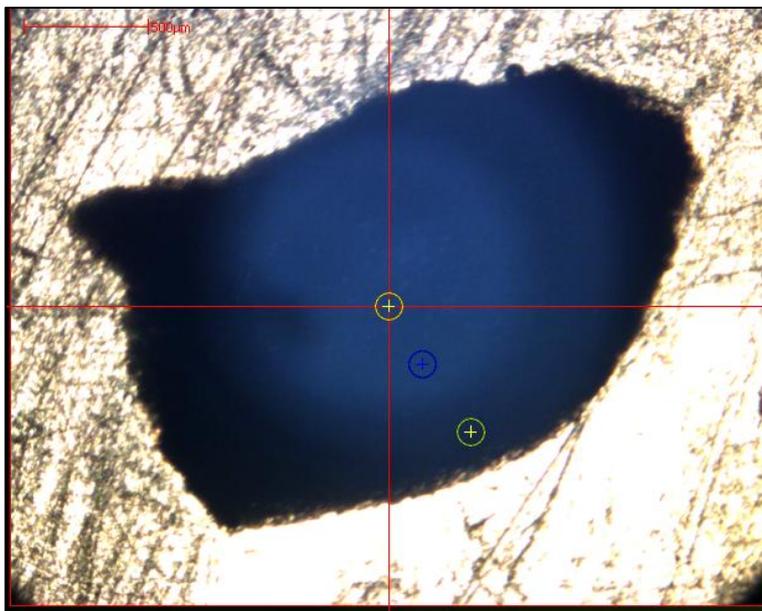


Fig. 97. Muestra "HB12.G8.464". Instantánea del momento en que se sitúan los 3 disparos que efectuará el láser para que el ICP-MS-LA pueda analizar su composición. Laboratorio <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de Geocronología de la Universidad de Lund.

Tanto en el curso de ICP-MS como en la estancia breve en el Laboratorio <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar de Geocronología de la Universidad de Lund aprendimos que esta técnica tiene una serie de ventajas e inconvenientes.

---

<sup>9</sup> El Sc, aunque es un metal de transición, por sus características y similitudes se clasifica entre los Lantánidos, considerándolo a tales efectos como tierra rara.

## VENTAJAS

- Se necesita una cantidad ínfima de muestra (de sub mg a mg).
- Se pueden analizar muestras en todos sus estados.
- En muestras sólidas se puede hacer un análisis en conjunto - análisis global de minerales y rocas- o bien analizar áreas diferenciadas – análisis puntual de minerales- siendo muy útil en muestras heterogéneas y/o con presencia de diferencias texturales.
- Las muestras sólidas necesitan una preparación somera y se pueden analizar muestra de mano, en polvo, nebulizadas e incluso se puede analizar sobre lámina delgada sin cubrir.
- Tiene un bajo nivel de interferencias (modificación de la señal emitida) respecto a otras técnicas.
- Se trata de un método muy exacto y muy preciso.
- Se trata de una técnica multielemental en la que se analiza una cantidad muy elevada de elementos (todos los de la tabla periódica excepto gases nobles, H, C, N, O, F, At, Tc, Fr, Ra y Actínidos) con límites de detección muy altos.

## INCONVENIENTES

- Requiere equipamiento adecuado (el espectrómetro y para el análisis de muestras sólidas, el láser) y un especialista o persona con conocimientos para su utilización.
- Hay que estudiar previamente las posibles interferencias producidas en el análisis.
- Es recomendable que el mismo usuario tenga algunas nociones previas sobre química inorgánica y/o geoquímica para poder entender todo el proceso analítico.
- Es necesario un estudio petrográfico previo exhaustivo de la muestra geológica a analizar.
- Para el análisis cuantitativo (calibración) se necesitan materiales de referencia (baja disponibilidad), o en su defecto, patrones internos fabricados por el mismo laboratorio.
- La interpretación de resultados requiere de alto conocimiento y dominio de varios programas de análisis de datos geoquímicos.

### 6.3 Otras técnicas

Para la total caracterización de las muestras se creyó oportuno la aplicación de otra técnica analítica no incluida ni en las técnicas mineralógicas ni en las técnicas geoquímicas: el análisis por Rayos UV.

#### 6. 3.1 Análisis por Rayos UV

El análisis por Rayos ultravioleta de onda corta (UV - C) (fig 98) es un método rápido y efectivo para determinar si la muestra contiene o no uranio. Al introducir la muestra en la cámara con luz UV- C e incidir los rayos en ella observamos la estructura de la muestra, así como también se pone de relieve la existencia o no de fluorescencia. Si la muestra se torna de color verde-amarillento fosforescente nos está indicando presencia de uranio (fig. 99). Los ópalos nobles tienen en general poca concentración de uranio, pero ciertos ópalos comunes pueden presentar concentraciones relativas de dicho elemento, siendo muy útil para la realización de dataciones mediante las relaciones uranio-plomo (Bustillo *et al.* 2010).

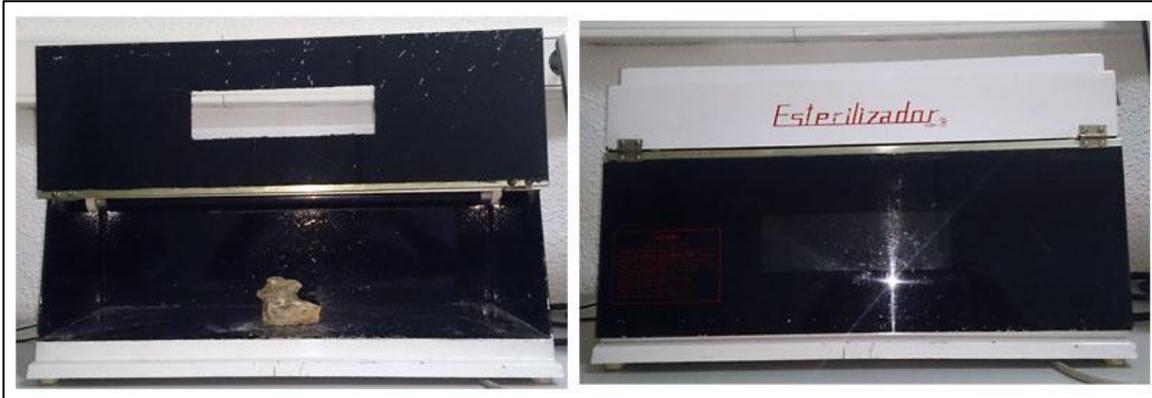


Fig 98. Cámara con luz UV – C que emite radiación de dichos rayos, donde la muestra es introducida para detectar si contiene o no uranio. Instalado en el Departamento de Geología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

A su vez, debemos de tener en cuenta también que muchas áreas de fluorescencia se limitan a niveles muy finos de silificación (a veces asociados a estructuras silificadas de raíz) (Bustillo *et al.* 2013) y que en muestra de mano se aprecian como cristalinos. Aunque se trataría de una

prueba metodológica menor, dicho elemento sería un criterio que se podría llegar a utilizar a la hora de discriminar variedades de rocas, en este caso, de sílex, y de este modo, poder asignar o no la misma procedencia al comparar las muestras.



Fig. 99. Muestra dentro de la cámara de Rayos UV-C, antes y después de ser encendida. En la foto de la derecha se aprecian las zonas fosforescentes que resaltan con la incidencia de los rayos UV-C. Fotos cedidas por la Dra.

Bustillo.

## VENTAJAS

- Es un método no destructivo que además proporciona resultados en tan solo unos segundos y no requiere ningún especialista.
- El análisis se hace directamente sobre el material a analizar, no destructiva y además no necesita de ninguna preparación previa.

## INCONVENIENTES

- Se necesita de equipamiento adecuado para su estudio (máquina de UV).
- Se trata de una técnica muy limitada, sólo nos permite observar la estructura de la muestra y si existe o no uranio en ella, pero sin cuantificarlo.

## **6.4 Conclusiones**

En este capítulo se ha presentado ampliamente el conjunto de técnicas analíticas, tanto mineralógicas como geoquímicas, así como su laborioso proceso previo de preparación, valorando sus ventajas e inconvenientes y aportando una información minuciosa sobre sus posibles aplicaciones a nuestra propia investigación.

## **7. INVESTIGANDO EL TERRITORIO: PROSPECCIONES SOBRE EL TERRENO**

Una parte esencial de la investigación de esta tesis reside en el desarrollo de trabajo de campo, o sea, la realización de prospecciones geológicas en busca de las formaciones que contengan rocas silíceas, sensibles de haber abastecido de esta materia prima, ya sean más o menos cercanas a los dos yacimientos arqueológicos objeto de nuestro estudio, l'Hort de la Boquera y La Roureda. Dicha parte de la investigación presenta dos fases.

La primera ha sido la recopilación bibliográfica de la mayor parte de cartografía de la zona existente, como por ejemplo la consulta de las Hojas del Instituto Geológico y Minero Español (en adelante IGME), del Atlas Geològic de Catalunya (AAVV 2010) o de las Hojas del Institut Geològic i Cartogràfic de Catalunya (ICGC); de otros documentos de carácter geológico (artículos científicos, reseñas de salidas de campo), así como las comunicaciones orales de geólogos y arqueólogos expertos en el territorio así como el uso de informaciones locales procedente de personas aficionadas. Otro elemento muy importante ha sido la consulta del fondo de dos litotecas de rocas silíceas, por un lado el proyecto LitoCat (Consell Superior d'Investigacions Científiques - Institució Milà i Fontanals) y por otro lado de Lithic UB (Universitat de Barcelona).

Toda esta información ha sido usada para poder situar en un mapa las diferentes formaciones ricas en contenido silíceo que pudieran tener alguna relación con los dos yacimientos a estudiar.

Durante los años 2011, 2013, 2014 y 2015 y gracias a un intenso análisis de dicho abanico de herramientas se procedió a desarrollar la segunda fase para poder investigar el territorio: el trabajo de campo, o lo que es lo mismo, las prospecciones sobre el terreno, que sirvieron tanto para recabar el máximo de información referente a los afloramientos y realizar una exhaustiva caracterización de los mismos, como para la recolección y catalogación de las muestras de sílex.

Se realizaron prospecciones geológicas para los dos yacimientos, según la estrategia de radios concéntricos. Los trabajos de prospección para los dos yacimientos fueron tratados de manera diferencial debido a que poseían distintas características en función de tres variables: el entorno natural, el tipo de materia prima utilizada para tallar los útiles líticos y los estudios previos realizados.

El entorno de L'Hort de la Boquera fue prospectado en busca de áreas fuente hasta alcanzar un radio de unos 85 km o sea, para abarcar, corta, media y larga distancia (Binford 1982), difiriendo ligeramente con la estrategia realizada para La Roureda, que se prospectó hasta una distancia de 100 km. Más adelante, en los respectivos apartados dedicados a cada uno de los yacimientos se explicaran las razones por las cuales se decidieron emplear dichas distancias.

La metodología de prospección ha sido la misma para los dos yacimientos; las campañas de prospección se han realizado de menor a mayor distancia a los yacimientos respectivos - y así es como se ha reflejado en el presente capítulo<sup>10</sup>- en las distintas campañas. La estrategia de trabajo ha consistido en desplazarse hasta el lugar, tomar fotos y apuntes de campo sobre su accesibilidad, localización, contenido en sílex, en resumen, implementando la ficha de campo antes descrita. y recolectando muestra suficiente para todas las analíticas previstas.

## **7.1 Prospecciones relacionadas con l'Hort de la Boquera y descripción de las muestras recuperadas**

Existe variada bibliografía sobre la disponibilidad de sílex en dicho territorio, ya sea por estudios paralelos de otros yacimientos (Tarrío 2006, Gómez 2007, Vaquero *et al.* 2010, Soto, *et al.* 2011, 2013, 2014; Roy *et al.* 2013), como por estudios geológicos del mismo territorio inmediato al yacimiento (Colombo 1979, 1986, 2007 y 2013; Ortí *et al.* 2007, Mata-Perelló y Sanz 2012 y 2013) o estudios geológicos generales (AAVV 2010, varias hojas del ICGC<sup>11</sup> y varias hojas del IGME<sup>12</sup>). También se utilizaron las comunicaciones orales de expertos en el

---

<sup>10</sup> Esto no ha podido ser exactamente así en todos los casos. Debido a las propias características de los dos primeros grupos descritos, Grupo Scala Dei y Grupo Cornudella y para hacer la lectura del capítulo más entendedora, se ha creído oportuno describir los afloramientos de dichos grupos en bloque, rompiendo el criterio de distancia propuesto antes. También ha ocurrido esto con los dos afloramientos del Muschelkalk y de la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca.

<sup>11</sup> Se analizaron 4 hojas del ICGC: hoja correspondiente a Bellcaire d'Urgell, hoja correspondiente a Camarasa, hoja correspondiente a Òdena y hoja correspondiente a Os de Balaguer.

<sup>12</sup> Se analizaron 19 hojas del IGME: hoja 359 correspondiente a Balaguer, hoja 360 correspondiente a Agramunt, hoja 387 correspondiente a Fraga, hoja 388 correspondiente a Lleida, hoja 389 correspondiente a Tàrrrega, hoja 390 correspondiente a Cervera, hoja 415 correspondiente a Mequinenza, hoja 416 correspondiente a Maials, 417 correspondiente a Espluga de Francolí, hoja 418 correspondiente a Montblanch, hoja 443 correspondiente a Fabara, hoja 444 correspondiente a Flix, hoja 445 correspondiente a Cornudella, hoja 446 correspondiente a

tema como la Dra. Pilar García-Argüelles, el Dr. Josep Maria Fullola, el Dr. Xavier Mangado, el Dr. Jordi Nadal, la Dra. Laura Rosell, el Dr. Ferran Colombo y la investigadora Bárbara Medina así como otras informaciones proporcionadas por población cercana a los parajes visitados.

Las campañas de prospección se llevaron a cabo tomando en cuenta la situación del yacimiento de l'Hort de la Boquera, y fue a partir de su localización exacta que se empezaron a prospectar los distintos afloramientos de las distintas formaciones (en adelante Fm) que contenían afloramientos de rocas silíceas, empezando en direcciones sur y noroeste - visitando las Fm del Grupo Scala Dei (Fm Montsant), Grupo Cornudella (Complejo de Ulldemolins, Fm Morera del Montsant), las liditas del Carbonífero, las Fm de las facies del Muschelkalk inferior y superior, la Fm Valldeperes, la Fm Pira y la Fm Blancafort-, siguiendo por el oeste – con la Fm Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca y las terrazas del Cuaternario-, y finalizando por la zona norte, con la Fm de la Serra Llarga.

Como hemos visto anteriormente, l'Hort de la Boquera tiene un problema añadido en cuanto al estudio y diferenciación del abastecimiento de materias primas. En el proceso de análisis y caracterización del sílex, se ha observado que alrededor del 95% de la totalidad de útiles líticos recuperados en dicho yacimiento fueron tallados en un tipo de sílex de origen evaporítico.

Tal y como se ha comentado, se prospectó un radio de hasta 85 km por dos motivos:

El primero y fundamental, es que existen múltiples afloramientos de sílex formado por reemplazamiento de evaporitas de idénticas o semiidénticas características (Grupo Cornudella, Grupo Scala Dei, Fm Valldeperes, Fm Blancafort, Fm Pira) en los alrededores del yacimiento. Uno de los principales problemas, hoy por hoy, es intentar diferenciar el tipo de sílex que se utilizó para la talla de útiles de l'Hort de la Boquera y esto no va a ser posible hasta efectuar un análisis exhaustivo de las características de todos los tipos de sílex de reemplazamiento de evaporitas geológicos que afloran en el entorno. O dicho de otra manera, necesitamos crear una base de datos de las características de cada tipo de sílex de reemplazamiento de evaporitas susceptible de haber sido captado por las comunidades de l'Hort de la Boquera.

El otro motivo que nos ha llevado a prospectar hasta 85 km de l'Hort de la Boquera es que, aunque en proporciones muy minoritarias (< 5 %), se han recuperado dos tipos más de sílex, no

---

Valls, hoja 470 correspondiente a Gandesa, hoja 471 correspondiente a Mora de Ebro, hoja 472 correspondiente a Reus, hoja 473 correspondiente a Tarragona y hoja 496 correspondiente a Horta de Sant Joan.

evaporíticos, sino lacustres, el Tipo 2 o Sílex de carófitos y el Tipo 3 o Sílex negro y que no parecer aflorar a nivel regional en relación al yacimiento.

Otro de los asuntos a tratar en este apartado es que los afloramientos de sílex de reemplazamiento de evaporitas más cercanos al yacimiento, procedentes de los grupos Scala Dei (Fm Montsant) y Cornudella (Complejo Ulldemolins, Fm Morera del Montsant), y por ende, los más susceptibles de haber podido abastecer a l'Hort de la Boquera de materia prima lítica, tienen una gran similitud y a primera vista, tanto afloramientos como muestras parecen homogéneos. Así que la necesidad de incidir en su estudio y explorar en mayor profundidad dichas formaciones ha requerido una especial atención y dedicación -recogiendo sílex de distintos niveles (a veces yesíferos, otras conglomeráticos) de cada formación-, para intentar realizar la discriminación de subvariedades. Es por ello que se contactó con el Dr. Ferran Colombo, experto en la zona para este propósito (Colombo 1979, 1986 y 2013).

En total se han visitado y recogido muestras de 27 puntos de afloramiento de rocas silíceas.

### 7.1.1 Grupo Scala Dei, Formación Conglomerados del Montsant, miembro de la Creu Corbatera (Colombo 2013).

A continuación describiremos cuatro puntos de afloramiento de sílex, de cronología más moderna a más antigua, cuyos nódulos silíceos aparecen en forma de clastos incluidos en los conglomerados oligocenos de la Fm Montsant.

#### a) Cabacés I

##### Características generales

Según la bibliografía geológica (Hoja 471 del IGME correspondiente a Mora de Ebro) forma parte de una formación de margas amarillentas a rojizas, con cristales de yeso e intercalaciones conglomeráticas (de matriz areniscosa y cemento calizo) y yesíferas, poco frecuentes y según en qué zonas son abundantes los niveles areniscosos y calizos, en bancos centimétricos. Las calizas son oquerosas y a veces presentan nódulos de sílex (fig. 100). Si analizamos más en profundidad los tramos conglomeráticos (Colombo 2013) observamos que corresponden al Grupo Scala Dei, dentro de la Formación Conglomerados del Montsant y más concretamente al miembro de la Creu Corbatera. Tiene una potencia máxima de 20 m (Colombo 1986). En otras bibliografías (AAVV 2010) se corresponde con la Fm Tam1C3 del Oligoceno – Estampiense. Esta parada se halla en el tramo de conglomerados de cronología más moderna de la formación (nivel superior).

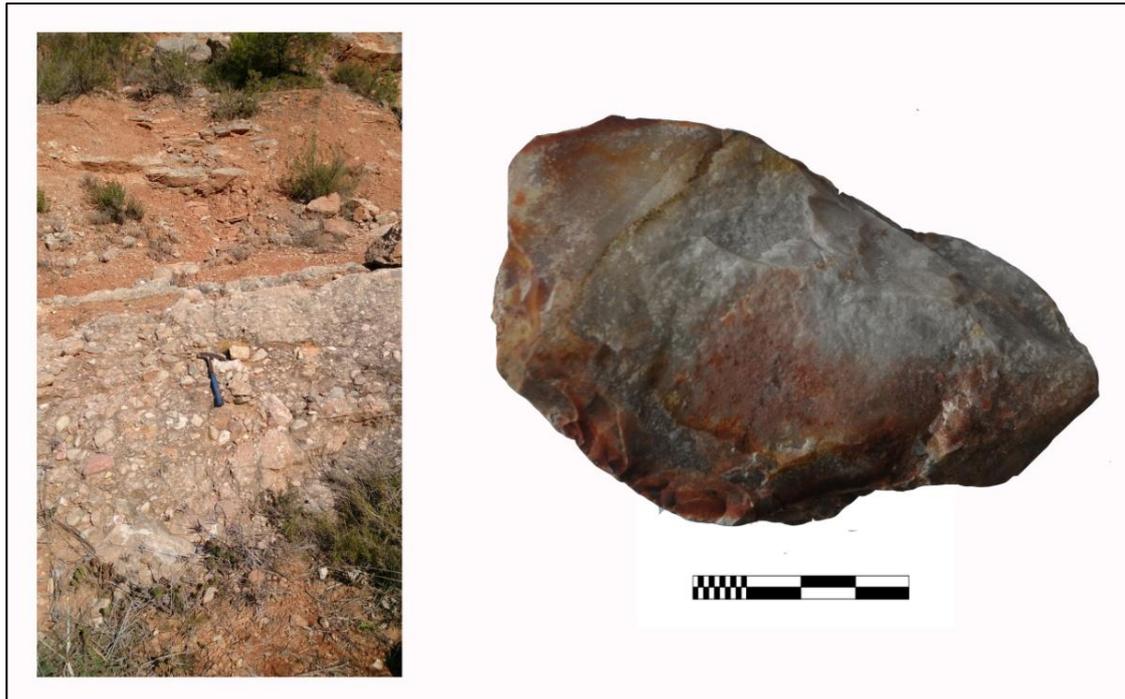


Fig. 100. Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB I".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia al Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo. Situado en el municipio de Cabacés (Priorat) en un corte de la carretera T-702, subiendo hacia la ermita del pueblo. Hoy en día es un tramo de fácil acceso (por la construcción de la carretera), los nódulos de sílex tienen un tamaño centimétrico a decimétrico, aflorando en la base del nivel y son medianamente abundantes y su extracción de la roca caja es muy difícil. Este afloramiento se encuentra a tan sólo 8 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 101):

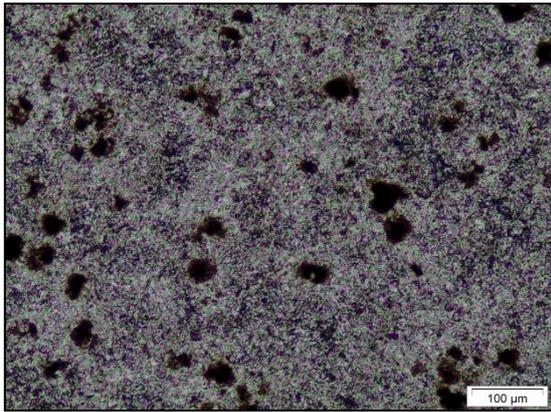
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja es margo-conglomerática. Sílex nodular de tonalidades transparentes y amarillentas, translúcido, de grano fino, homogéneo, de calidad mediocre-baja, pátina blanca y ferruginosa.</p>	<p>Matriz de cristales de megacuarzo (35%) y esferulitas de calcedonia (35%) – <i>lenght slow</i>- lutecita/cuarcina- debido a dos fases de silificación, conteniendo un 30% de micronúcleos de óxidos de hierro en su comienzo de nucleación envueltos por calcedonita.</p>
	

Fig. 101. Muestra "CAB I". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (escala 2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con micronúcleos; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 μm).

## b) Cabacés II

### Características generales

Esta parada se halla a 2 km de la anterior, o lo que es lo mismo, en un tramo de conglomerados de cronología más antigua de la misma formación (nivel medio) (fig. 102) por lo que el aspecto del terreno no difiere.

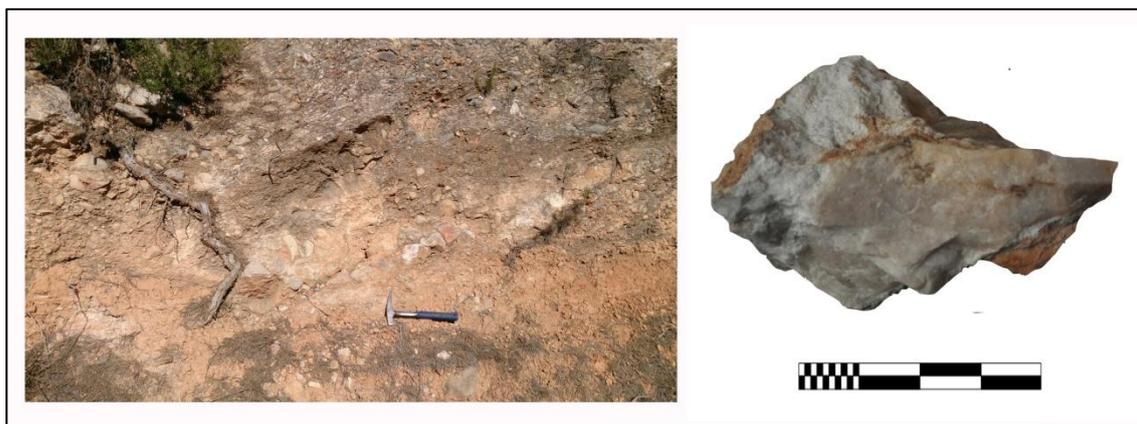


Fig. 102. Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB II".

### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia al l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo y el acceso es el mismo que para Cabacés I.

Los nódulos de sílex de tamaño centimétrico a decimétrico afloran en la base del nivel y son medianamente abundantes pero su extracción es muy difícil. Se encuentra a tan sólo 10 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 103):

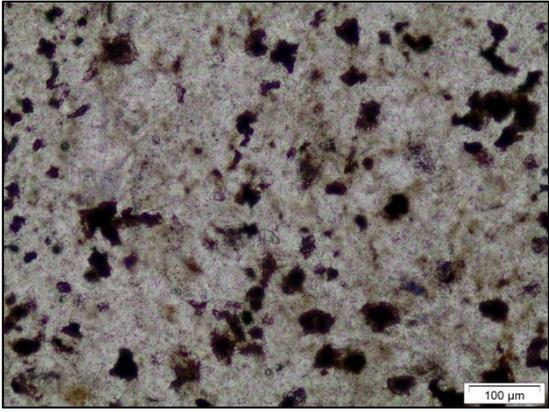
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja es margo-conglomerática. Sílex nodular de tonalidades transparentes y amarillentas, translúcido, de grano fino, homogéneo, de calidad mediocre-baja, pátina blanca y ferruginosa.</p>	<p>Matriz de cristales de megacuarzo (45%) y esferulitas de calcedonia – <i>length slow</i>-lutecita/cuarcina- (30%) –debido a dos fases de silificación, con un 25% de micronúcleos de óxidos de hierro en el comienzo de nucleación envueltos por calcedonita.</p>
	

Fig. 103. Muestra CAB II. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz, detalle de minerales opacos y micronúcleos de óxidos; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 μm).

### c) Cabacés III

#### Características generales

Esta parada se halla a 1 km de la anterior, o lo que es lo mismo, en un tramo de conglomerados de cronología aún más antigua que los anteriores (nivel inferior I), por lo que la formación tampoco difiere en cuanto a aspecto sobre el terreno (fig. 104).



Fig. 104. Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB III".

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

El acceso es el mismo que para Cabacés I.

Los nódulos de sílex de tamaño centimétrico a decimétrico afloran en la base del nivel y son medianamente abundantes. Se encuentra a tan sólo 12 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 105):

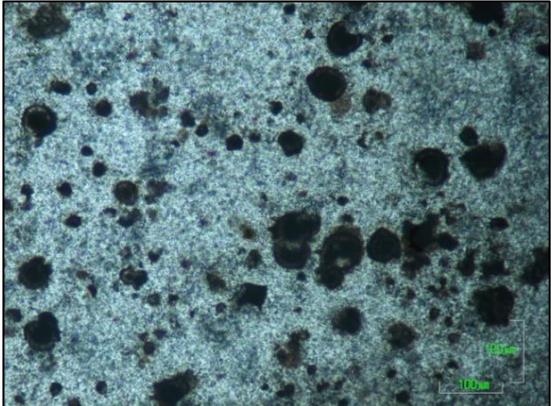
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja es margo-conglomerática. Sílex nodular y en riñones de tonalidades transparentes y amarillentas, translúcido, grano fino, homogéneo, de calidad mediocre-baja, pátina blanca y ferruginosa.</p>	<p>Matriz de cristales de megacuarzo (45%) y esferulitas de calcedonia – <i>length slow-lutecita-cuarcina-</i> (45%) –debido a dos fases de silificación, con un 10% de micronúcleos de óxidos de hierro en el comienzo de nucleación y envueltos por calcedonita.</p>
	

Fig. 105. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; se pueden observar perfectamente los micronúcleos de óxidos de hierro; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100  $\mu\text{m}$ ).

#### d) Albarca Conglomerat

##### Características generales

Aunque esta parada se halla en la población de Albarca, a 30 km de los anteriores puntos de afloramiento, corresponde a la misma Fm Montsant, y exactamente al tramo más antiguo de la serie (nivel inferior II) (fig. 106).



Fig. 106. Afloramiento de Conglomerados de Albarca y muestra de mano "ALBARCA-CONGL".

##### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Para acceder se debe de seguir por la carretera c-242 hasta llegar a Albarca, hallándose el conglomerado a pocos metros de la entrada al pueblo. Es de acceso fácil pero la extracción es muy difícil por la misma naturaleza del conglomerado. Aunque se localizaron algunos nódulos decimétricos el material es más bien escaso. Se encuentra a 24 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 107).

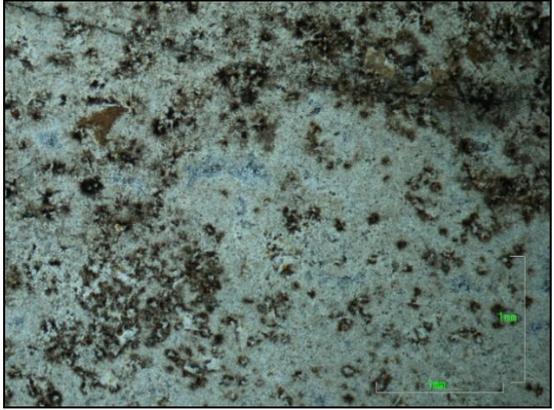
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja es margo-conglomerática. Sílex nodular y en riñones de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos metálicos (granates, grises), con abundante pátina blanca y ferruginosa, translúcido, de grano fino, homogéneo y presentando geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo (50%), calcedonia (40%), (<i>lengh slow</i> - cuarcina-lutecita), megacuarzo (5%), óxidos de hierro (hematites) (5%). El córtex, compuesto por conglomerado carbonatado, clastos originales, pseudomorfos de cristales de yeso de tamaños muy variables y alguna huella de bioturbación.</p>
	

Fig. 107. Muestra "ALBARCA-CONGL". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100  $\mu$ m).

### 7.1.2 Grupo Cornudella

#### a) Complejo de Ulldemolins

##### a1) Nivel de yesos (A)

##### Características generales

Según la bibliografía geológica (AAVV, 2010) se trata de una formación del Paleógeno -Fm PEag correspondiente al Eoceno inferior – medio - compuesta por margas, arcillas, areniscas, yesos con pasadas calcáreas y abundantes nódulos de sílex (fig. 108).

Colombo (1986, 2013) ya describió en profundidad esta unidad litoestratigráfica, mencionando que dicha formación abarca varios kilómetros y además dispone de varios niveles de yeso. Vamos a seguir un orden descendente, o sea, se van a describir en primer lugar los puntos de afloramiento de sílex incluidos en los niveles de yeso superiores hasta llegar a los niveles inferiores.

la primera muestra corresponde al nivel superior de yesos.



Fig. 108. Afloramiento de Ulldemolins y muestra de mano "UII".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento es de fácil acceso porque se puede acceder a él desde la misma carretera c-242 en dirección Ulldemolins. Para encontrar este nivel superior de yesos se debe de transitar por la misma carretera en dirección a Bellaguarda. Al ser un terreno arcilloso se hallan grandes cantidades de nódulos decimétricos disponibles y de muy fácil extracción. Se encuentra a 19 km de Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 109):

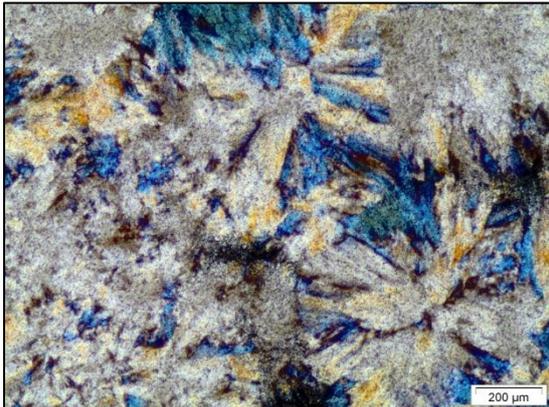
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos metálicos (granates, grises); translúcido, de grano fino, homogéneo, de calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa y pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz de microcuarzo y criptocuarzo (50%) con abundantes esferulitas de calcedonia (45%) de gran tamaño (calcedonita y cuarcina-lutecita) (sílex calcedónico) y restos de materia orgánica (5%).</p>
	

Fig. 109. Muestra "UII". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz compuesta de esferulitas de gran tamaño de calcedonia de la muestra; microscopio óptico (nicoses cruzados, 200 μm).

## a2) Nivel de yesos (B)

### Características generales

Se trata de la misma formación del Paleógeno -Fm PEag correspondiente al Eoceno inferior – medio (AAVV 2010). Esta muestra corresponde al nivel de yesos bautizado como nivel “B” (fig. 110).

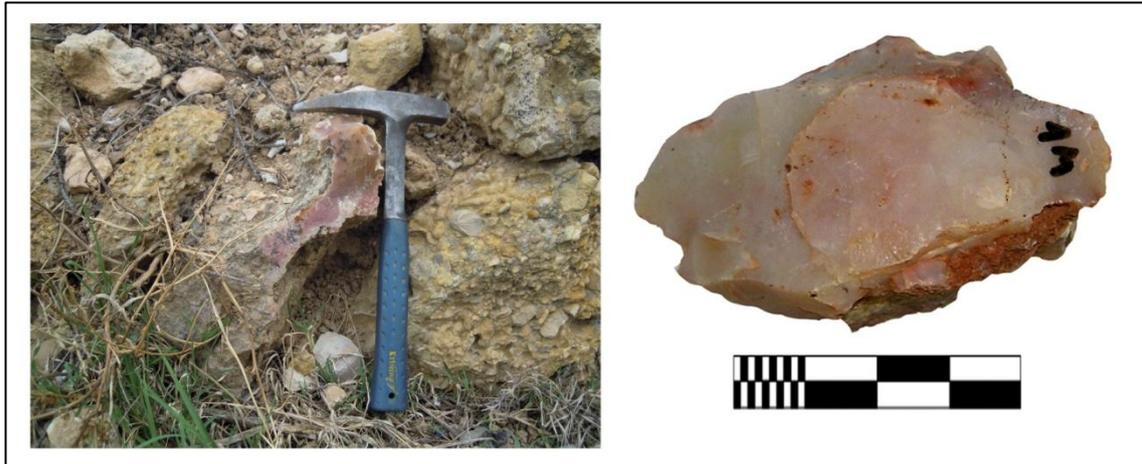


Fig. 110. Afloramiento de Ulldemolins y muestra de mano "1M".

### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con la Sra. Bárbara Medina. Para acceder a este nivel de yesos se debe de seguir la misma carretera c-242 justo antes de llegar a la población de Ulldemolins. Al ser un terreno arcilloso se hallan grandes cantidades de nódulos decimétricos disponibles de muy fácil extracción. Se encuentra a 20 km de Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 111):

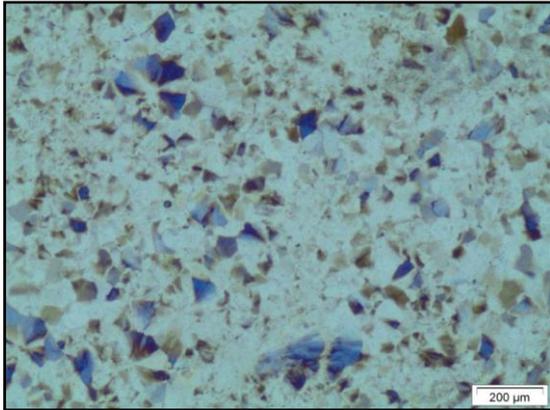
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos metálicos (granates, grises); translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa y pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz de microcuarzo con abundantes esferulitas de calcedonia (35%) (calcedonita y cuarcina-lutecita) (sílex calcedónico) y con algunos relictos de yeso (2%).</p>
	

Fig. 111. Muestra "1M". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 μm).

### a3) Nivel de yesos (C)

#### Características generales

Se trata de la misma formación del Paleógeno -Fm PEag correspondiente al Eoceno inferior – medio (AAVV 2010). Esta muestra corresponde a otro nivel distinto de yeso, el nivel "C" (fig. 112).



Fig. 112. Afloramiento de Ulldemolins/Albarca y muestra de mano "AU".

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con la Sra. Bárbara Medina. Para acceder al nivel de yesos inferior se debe de seguir la misma carretera c-242 rebasando la población de Ulldemolins en dirección Albarca. Al ser un terreno arcilloso se hallan grandes cantidades de nódulos decimétricos disponibles de muy fácil extracción. Se encuentra a 22 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 113).

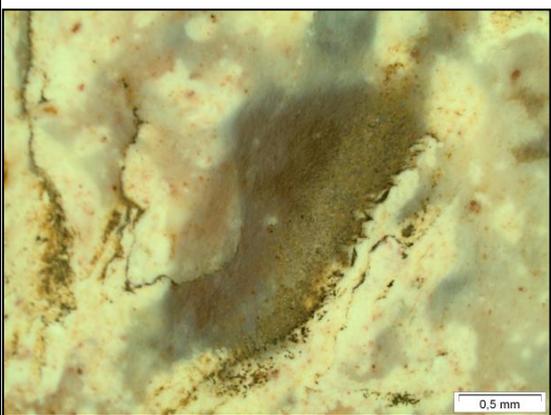
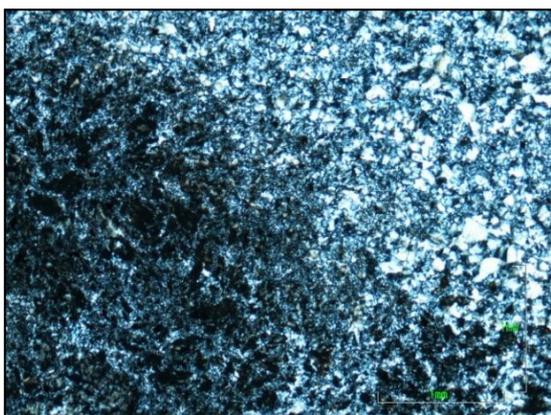
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos metálicos (granates, grises); translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa y pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz de microcuarzo y criptocuarzo (90%) con esferulitas de calcedonia aisladas (10%) sin poder especificar su elongación.</p>
	

Fig. 113. Muestra "AU". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m).

#### a4) Nivel de yesos (D) – Entrada de Albarca

##### Características generales

Esta muestra corresponde a otro nivel distinto de yeso situado en la población de Albarca. (fig. 114).



Fig. 114. Afloramiento de Entrada de Albarca y muestra de mano "ALBARCA".

##### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Para acceder se debe de seguir por la misma carretera c – 242 hasta llegar a la misma entrada de Albarca.

Hay poca disponibilidad de sílex, se hallan muy pocos nódulos *in situ* pero su extracción continua siendo fácil. Se encuentra a 23 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 115).

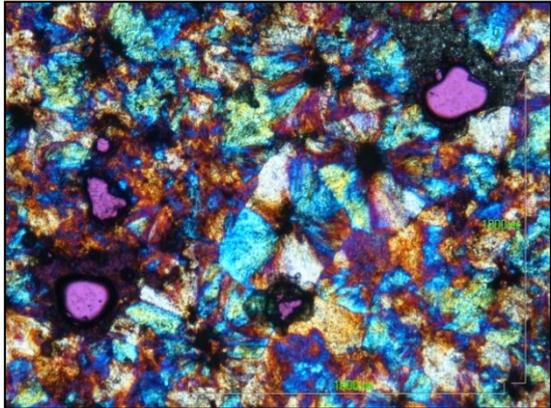
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos (granates, grises); translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa y pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por esferulitas de calcedonia, (80%) (grandes esferulitas bien formadas de lutecita - <i>lenght slow</i>), a veces presentan óxidos de hierro como núcleos de la esferulita (micronúcleos), microcuarzo (20%) lenticulas de yeso (5%) y óxidos (5%). Recuerda a las muestras de Cabacés.</p>
	

Fig. 115. Muestra "ALBARCA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm).

Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra, detalle de lutecita vista con compensador; microscopio óptico, (nicoses cruzados, escala de 100  $\mu$ m).

#### a5) Nivel de yesos (E) - Cantera de Albarca

##### Características generales

Se trata de la misma formación del Paleógeno -Fm PEag correspondiente al Eoceno inferior – medio (AAVV 2010). Esta muestra corresponde a otro nivel distinto de yeso (fig. 116).



Fig. 116. Afloramiento de Albarca Cantera y muestra de mano "AP".

##### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo. Para acceder se debe de seguir 1 km por la misma carretera c – 242 que nos ha llevado a Albarca. Muy fácil de encontrar ya que la cantera es visible desde la misma carretera; la extracción también es sencilla y se encuentran abundantes nódulos tanto *in situ* como caídos en la cuneta. Los nódulos tienen un tamaño que oscila entre los 8-15 cm. Se encuentra a 24 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 117).

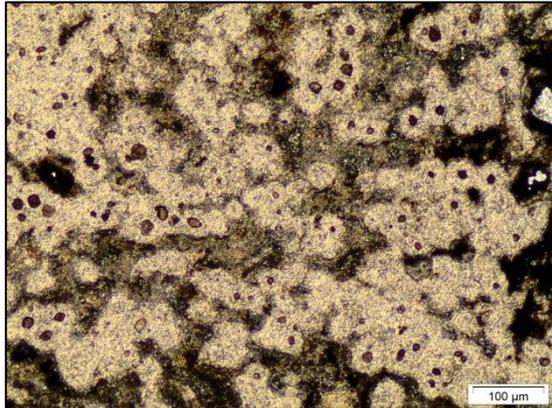
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos metálicos (granates, grises), translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa, pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por esferulitas de calcedonia (60%) con los mismos óxidos de nucleación que Cabacés (I, II y III) y Entrada de Albarca, microcuarzo (35%), óxidos (3%), y un mineral indeterminado transparente con exfoliación paralela y color de interferencia gris (2%).</p>
	

Fig. 117. Muestra "AP". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (luz paralela, 100 μm).

a6) Nivel de yesos (F) - Mas de les Monges

Esta muestra corresponde a otro nivel distinto de yeso situado cerca de la población de la Morera de Montsant, cerca de un antiguo convento (fig. 118).



Fig. 118. Afloramiento de Mas de les Monges y muestra de mano "MM".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo. De acceso fácil, la extracción también es sencilla y se encuentran abundantes nódulos tanto *in situ* como esparcidos por el camino. Se halla a 25 km de distancia a l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 119).

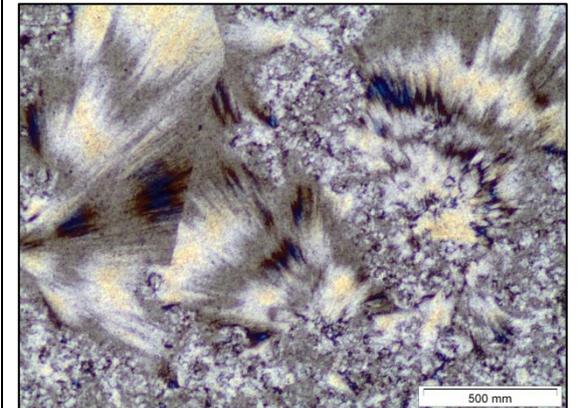
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular de tonalidades distintas, blancos, tintados de óxidos (granates, grises), translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa, pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo y criptocuarzo (88%) y cristales de cuarzo fibroso (10%). Muy homogénea. En el córtex se observan lentículas de yeso (2%).</p>
	

Fig. 119. Muestra "MM". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 500  $\mu$ m).

a7) Nivel de yesos (G) – Cornudella de Montsant

Esta muestra corresponde a otro nivel de yeso situado en la población de Cornudella, en el aparcamiento del pueblo (fig. 120).



Fig. 120. Afloramiento de Cornudella y muestra de mano "CORN".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo. De acceso muy fácil; se observan nódulos de sílex así como sílex estratificado a simple vista (grosor de 1 cm - longitud decimétrica), su extracción es relativamente fácil y el material moderadamente abundante. Se halla a 31 km de distancia de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 121).

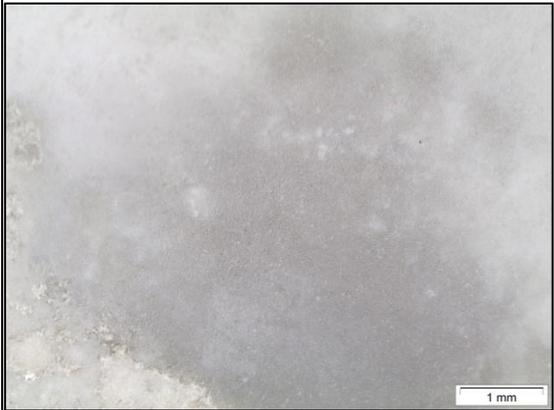
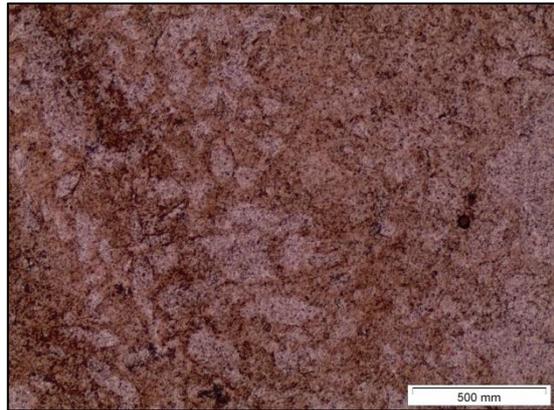
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta de arcillas, arenisca y yeso. Sílex nodular y estratificado de tonalidades distintas, blancos, grises, translúcido, de grano fino, homogéneo, calidad mediocre – baja, con abundante pátina blanca y ferruginosa, pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo y criptocuarzo (88%) y cristales de cuarzo fibroso (10%). Muy homogénea. En el córtex se observan pseudomorfos de lentículas de yeso (2%). Parecida a la muestra de Mas de les Monges.</p>
	

Fig. 121. Muestra "CORN". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra, detalle de las lentículas de yeso; microscopio óptico (nícoles cruzados, 500  $\mu$ m).

b) Fm calizas Morera del Montsant

b1) La Morera del Montsant

Características generales

Esta formación también corresponde al Grupo Cornudella, según la Hoja 445 del IGME se trata de una formación oligocena (TaC3), arcillas margosas y areniscas amarillentas con pasadas calcáreas. Estas últimas son las que contienen sílex.

Si analizamos la bibliografía geológica en detalle, Colombo (2013) y tal y como hemos visto en el capítulo 4, esta formación de calizas presenta una potencia del orden de los 70-80 m y es en su tramo superior donde se hallan los nódulos de sílex aislados (fig. 122).



Fig. 122. Afloramiento de Morera del Montsant y muestra de mano "MOR".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Dr. Ferran Colombo. Los nódulos de sílex se hallan incluidos en las calizas de esta formación y a medida que vamos ganando altitud los nódulos se hacen más abundantes. Tienen un tamaño de centimétrico a decimétrico y su extracción no es fácil, ya que se necesita del material adecuado para ella. Se halla a 28 km de distancia a l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 123).

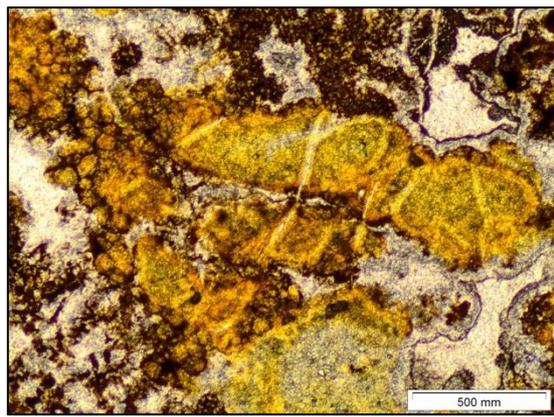
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>La roca caja está compuesta por carbonato. Sílex en grandes nódulos de tonalidades que van desde el color miel al marrón oscuro, opaco, de calidad muy mediocre, de grano fino a medio, homogéneo y pudiendo presentar geodas.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo y criptocuarzo (40%), óxidos (35%) que tiñen toda la muestra, esferulitas de calcedonia relleno de cavidades (10%), cristales de megacuarzo (5%), cristales romboidales y prismáticos -Ca/Do- (4%), lentículas de yeso aisladas en el córtex carbonatado (1%).</p>
	

Fig. 123. Muestra "MOR". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nicos cruzados, 500  $\mu$ m).

La figura 124 situa estos 12 puntos de afloramiento, pudiendo observar la situación entre ellos así como la ubicación respecto a l'Hort de la Boquera.

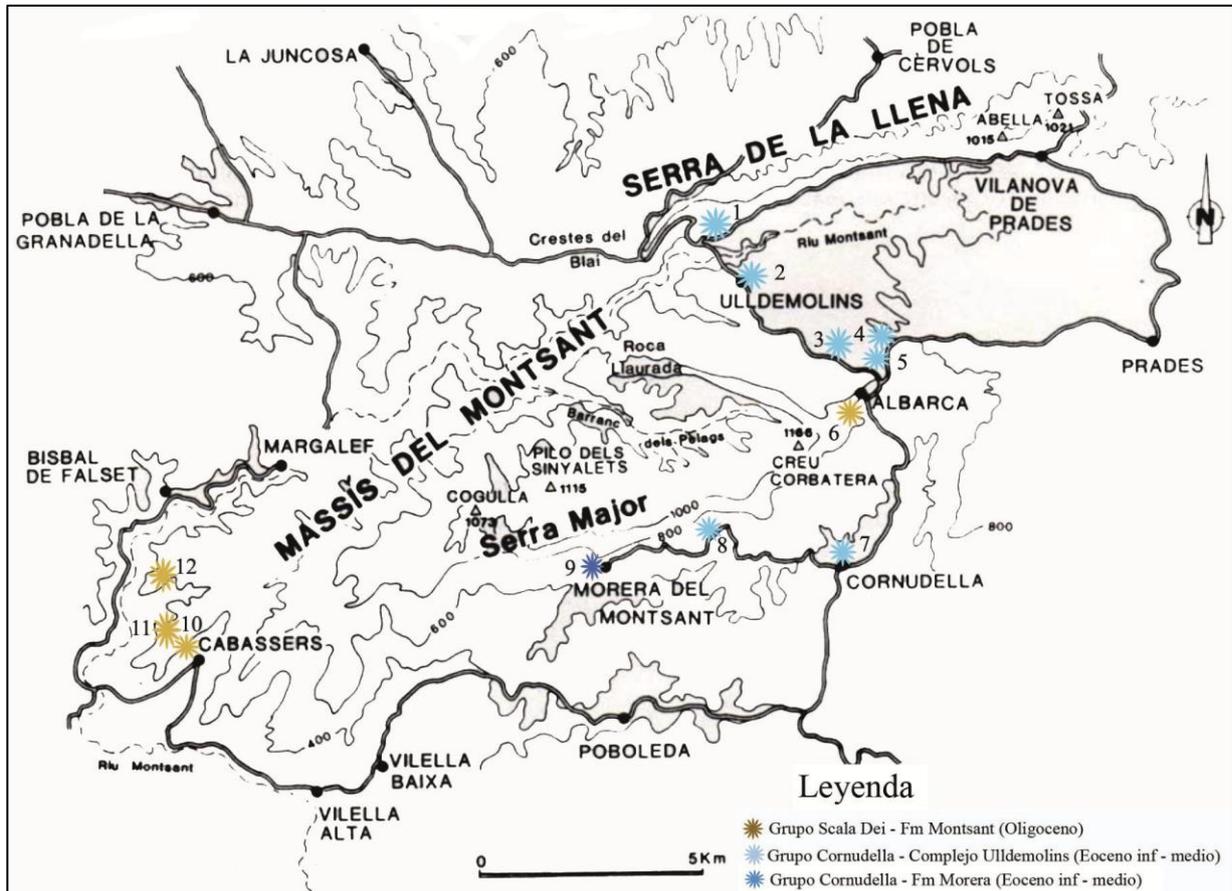


Fig. 124. Puntos de afloramiento en los alrededores de Ulldemolins. 1, 2 y 3: Complejo Ulldemolins, niveles de yeso, A, B y C. 4 y 5: puntos de afloramiento de Albarca, Complejo Ulldemolins, niveles de yeso D (Albarca – entrada) y E (Cantera de Albarca) 6: Conglomerados de Albarca (Fm Montsant). 7 y 8: puntos de afloramiento del Complejo Ulldemolins, niveles de yeso F (Cornudella) y G (Mas de les Monges). 9: punto de afloramiento en Morera del Montsant, Fm Morera del Montsant. 10, 11 y 12: puntos de afloramiento en Cabacés, Fm conglomerados de Montsant, niveles inferior, medio y superior respectivamente. Hemos de tener en cuenta que l'Hort de la Boquera se sitúa en Margalef de Montsant. Modificado de Colombo (2013).

### 7.1.3 Formación de liditas de Poboleda

#### Características generales

Según la bibliografía geológica IGME: hoja 445 “Cornudella” y hoja 417 “Espluga de Francolí” se trata de una formación del Carbonífero formada por pizarras grises y arcillas con pequeños niveles de liditas y areniscas, cuarcitas y andesitas en la base, correspondiente a la Fm Capg (AAVV 2010) (fig. 125).



Fig. 125. Afloramiento y muestra de mano "2M".

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l' Hort de la Boquera

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con la Sra. Bárbara Medina. Situado en los alrededores del municipio de Poboleda, hallamos el afloramiento en el km 1 de la carretera T-702 que nos conduce hacia este municipio. Las liditas se hallan intercaladas entre las pizarras y son de fácil extracción debido al grado de meteorización de estas últimas. El afloramiento se encuentra a 29 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 126):

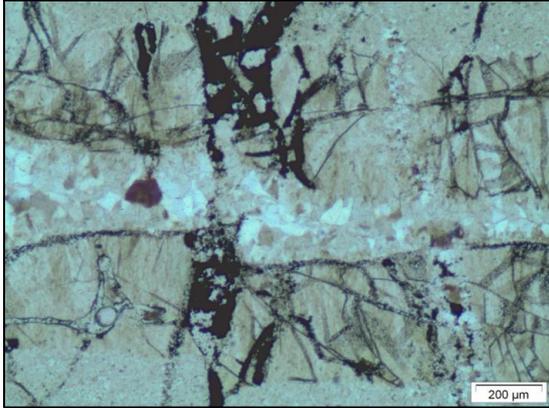
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja de arcillas y areniscas. Sílex estratificado que presenta una estructura bandeada y a su vez muy tectonizada, matriz sílicea de grano medio a grueso, heterogéneo, de baja calidad, semitranslúcido y presencia de pseudomorfos romboidales y prismáticos.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (85%) muy tectonizada y con vetas de cuarzo que atraviesan toda la lámina (15%), aparece una franja formada por morfologías esféricas que recuerdan a radiolarios.</p>
	

Fig. 126. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se pueden observar perfectamente de megacuarzo; microscopio óptico (nicoses cruzados, 200  $\mu\text{m}$ ).

#### 7.1.4 Formaciones de las facies del Muschelkalk

##### a) Fm facies del Muschelkalk inferior

###### Características generales

Según la bibliografía geológica IGME: hoja 444 “Flix” se trata de una formación de calizas y dolomías (TG21) – correspondiente a la Fm Tm1 (AAVV 2010) – y donde diversos autores (Morant 1988; Soto *et al.* 2011 y 2013) mencionan la existencia de nódulos silíceos con inclusiones de microgeodas (fig. 127).



Fig. 127. Afloramiento y muestra de mano "3M".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l’Hort de la Boquera

Afloramiento hallado en el corte de carretera T-702 (km 17) en dirección a la población de La Vilella Baixa. El sílex es de muy difícil extracción y bastante escaso. Este afloramiento se encuentra a 19 km de l’Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 128):

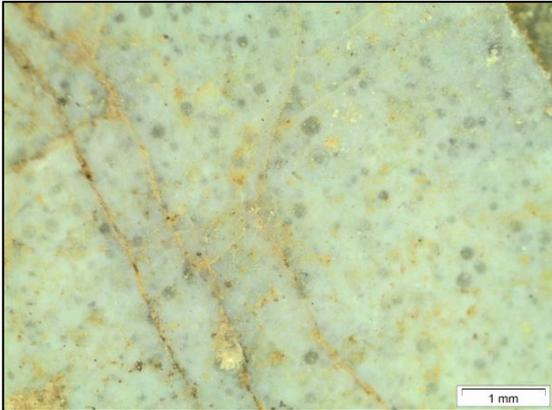
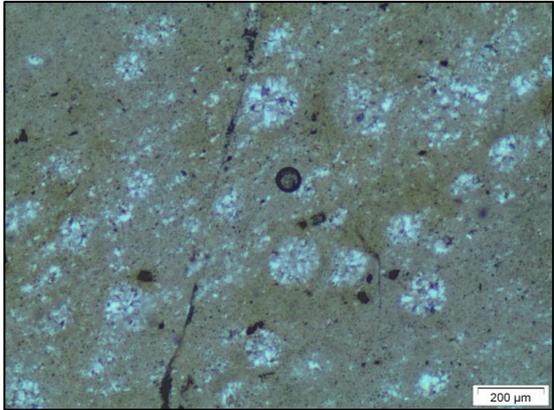
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por dolomías. Sílex estratificado de estructura bandeada, pátina blanca, mediocre, tectonizado, con abundantes pseudomorfos romboidales, de grano medio a grueso, calidad baja - media, inclusiones de microgeodas.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (80%) con esferulitas de calcedonia (10 %) (parecen en proceso de formación) que le dotan de un aspecto moteado; con un 10% de presencia de minerales opacos y vetas de cuarzo discretas.</p>
	

Fig. 128. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se puede observar una estructura moteada; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu$ m).

b) Fm facies del Muschelkalk superior

Características generales

Según la bibliografía geológica IGME: Hoja 445 “Cornudella” se trata de una formación de dolomías tableadas y calizas dolomíticas (TG23) – correspondiente a la Fm Tm3 (AAVV 2010) – donde diversos autores (Soto *et al.* 2011 y 2013) mencionan la existencia de nódulos silíceos (fig. 129).



Fig. 129. Afloramiento y muestra de mano "4M".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

El afloramiento fue hallado en los alrededores del municipio de Vilaplana en el km 18 de la carretera T- 704. El material no es demasiado abundante, su roca caja (dolomías) está en proceso de meteorización y aunque su extracción es bastante difícil este aspecto la facilita. Este afloramiento se encuentra a 51 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 130).

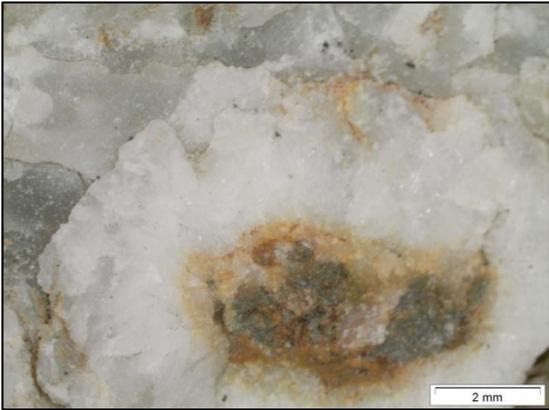
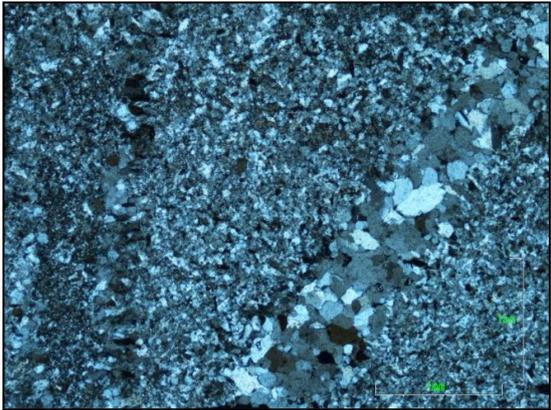
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por dolomías. Sílex estratificado de muy baja calidad, está muy alterado, recristalizado y contiene abundantes inclusiones de óxidos y dendritas, así como cuarzo detrítico; de grano fino a grueso, azoico.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (48%) con zonas de criptocuarzo (10%) y cristales de megacuarzo (40%) asociados en vetas que atraviesan la matriz, contiene también un 2% de litoclastos indeterminados. Muestra muy heterogénea.</p>
	

Fig. 130. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se puede observar una veta de cristales de megacuarzo; microscopio óptico (nicoses cruzados, 100 $\mu$ m).

### 7.1.5 Formación Valldeperes

Según la bibliografía geológica (AAVV, 2010) se trata de la formación PEag, compuesta por arcillas y areniscas con algunos yesos, del Cuisinense-Luteciense. Si analizamos la bibliografía geológica en detalle (Ortí *et al.* 2007) dicha formación pertenece al Grupo Pontils (Bartoniense) y contiene a su vez dos subformaciones de características diferenciables: Yesos de Vilaverd y Yesos de Lilla.

#### a) Yesos de Vilaverd

##### Características generales

Esta subformación evaporítica se halla en la base, presenta un gran lecho de yeso masivo de más de 15 m de potencia con abundantes nódulos de sílex (Ortí *et al.* 2007) (fig. 131).



Fig. 131. Afloramiento y muestra de mano "VILAVERD".

##### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

De fácil acceso, un punto de afloramiento se halla en la carretera C-14 justo antes de entrar a la población de Vilaverd. El sílex es bastante abundante y la roca caja arcillosa/ yesífera hace que la extracción sea muy fácil. Se encuentra a 56 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 132).

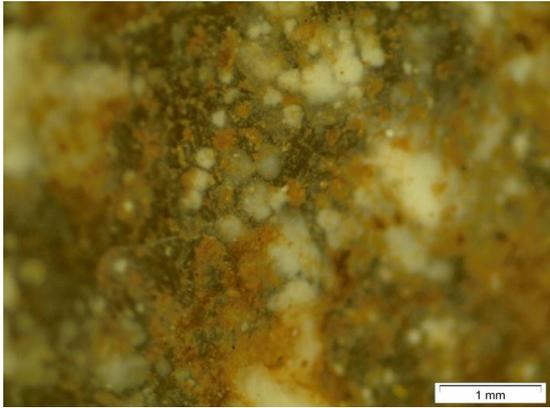
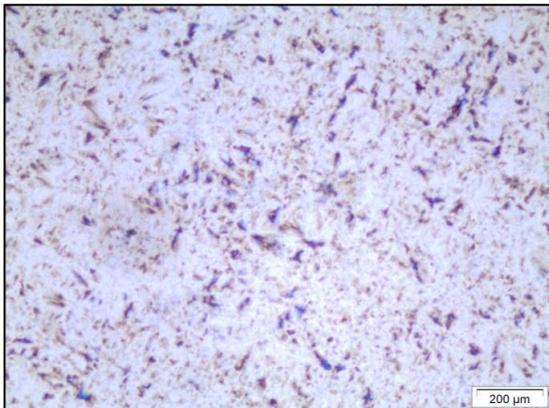
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por arcillas y yesos. Sílex nodular de colores blancos, rojizos, oxidados, translúcido, de grano fino a medio, con cristales de cuarzo detrítico, óxidos y presencia de concreción, de calidad mediocre, recristalizado, homogéneo y con presencia de pátina blanca; delimitación nítida del córtex.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo (90%), cristales de megacuarzo (3%) y esferulitas de calcedonia (2%) bien formadas. La calcedonia es <i>length fast</i> (calcedonita).</p> <p>Presenta un enrejado típico de las moganitas (Dra. Bustillo, com. pers.), así como pseudomorfos romboidales de yeso (5%). Sin impurezas, homogénea.</p>
	

Fig. 132. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; microscopio óptico (nicoses cruzados, 200  $\mu$ m).

b) Yesos de Lilla

Características generales

Ésta es una unidad evaporítica que se halla en el techo de la formación. Esta subunidad de más de 40 m de potencia presenta una base de yeso masivo de 25 m de potencia con nódulos de sílex y un techo de lutitas grises de 15 m de potencia (Ortí *et al.* 2007) (fig. 133).



Fig. 133. Afloramiento y muestra de mano "LILLA".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Se halla en el camino del Mas d'en Xanoi, justo bajo el puente del ferrocarril. Es muy abundante por todo el camino, así como en la formación y su extracción es fácil. Se encuentra a 56 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 134).

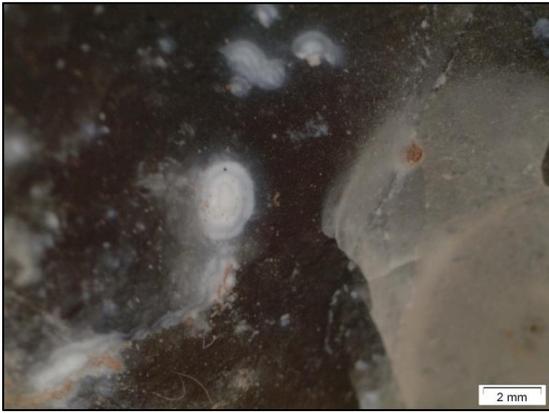
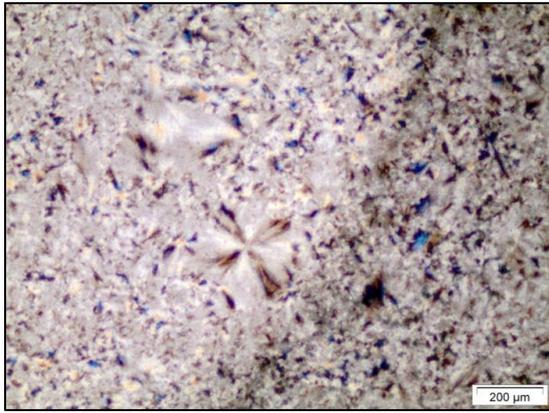
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por arcillas y yesos. Sílex nodular de colores variables, blancos, rojizos, oxidados; semitranslúcido, de grano fino a medio, con cristales de cuarzo detrítico y espectros de calcedonia visibles, óxidos y presencia de concreción, de calidad mediocre, recristalizado, homogéneo y con presencia de pátina blanca; delimitación nítida del córtex.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo (95%), cristales de megacuarzo (3%) y esferulitas de calcedonia helicoidal <i>lenght fast</i> (2%). Homogéneo, sin impurezas. Muy parecida a la muestra de Vilaverd. Se observa algún yeso aislado incluido en algun nódulo carbonatado del córtex.</p>
	

Fig. 134. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; detalle de las esferulitas de calcedonia de tamaño mayor; microscopio óptico (nicoses cruzados, 200  $\mu$ m).

### 7.1.6 Formación Pira

La bibliografía geológica IGME: Hoja 418 “Montblanch” sitúa esta formación dentro de la formación TA3y311 de yesos y margas, así como dentro de la formación PEIx de margas con nivel de yesos (Bartoniense-Priaboniense) (AAVV 2010), pero si analizamos en mayor profundidad, Ortí *et al.* (2007) la divide en cuatro unidades evaporíticas, de base a techo: Yesos de La Guàrdia, Yesos de Pira, Yesos de Els Prats y Yesos de Sarral, hallándose sílex en las tres últimas. Esta formación alcanza una potencia máxima de 200 m.

#### a) Yesos de Pira

##### Características generales

Esta formación de yesos es una unidad evaporítica que se extiende desde la población de Montblanc hasta la de Ollers y alcanza una potencia de hasta 10 m, conteniendo nódulos silíceos básicamente en los tramos de yeso masivo (Ortí *et al.* 2007) (fig. 135).



Fig. 135. Afloramiento y muestra “P-P”.

Acceso, disponibilidad y distancia a l'Hort de la Boquera

Se accede llegando a la carretera C-14 que lleva hasta la población de Pira, a partir del km 39 y también existe otro punto de afloramiento en el cerro de Pira (Josep Pijoan, com. pers.)<sup>13</sup>. Se halla bastante material sobretodo asociado a las zonas donde aflora alabastro y su extracción es fácil. Se encuentra a 54 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 136).

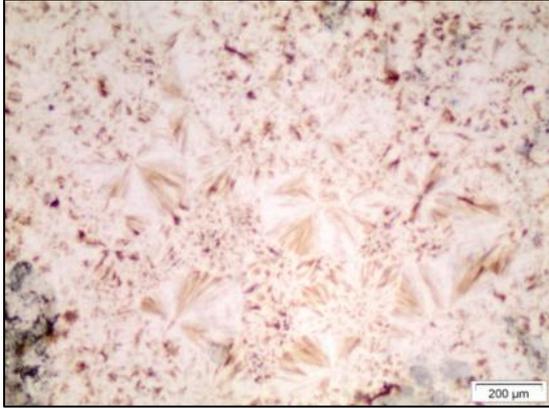
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja yesos y arcillas. Sílex nodular diversos colores, rojizos, blancos, grises, azulados, de media - baja calidad, muy patinado, de grano fino a medio, con recristalizaciones, óxidos metálicos y dendritas de manganeso.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (65%), esferulitas de calcedonia - <i>lenght slow</i>- (cuarcina-lutecita) (19%), impurezas en forma de óxidos metálicos (15%) y lenticulas de yeso (1%). Estas impurezas han teñido la matriz, impregnando la estructura cristalina y confiriendo unos colores de interferencia rojizo-marrón.</p>
	

Fig. 136. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; microscopio óptico (nicoses cruzados, 200 μm).

<sup>13</sup> La empresa Cargas Pira s.l, se dedica a la explotación de yeso y “evitan la zonas en donde se hallaba mas sílex porque les estropeaban las maquinas trituradoras”.

b) Yesos de Els Prats

Características generales

Esta formación de yesos es una unidad evaporítica pobremente definida, de apenas 5 m de potencia y con intercalaciones arenosas, conglomeráticas y lutíticas. Los nódulos de sílex aparecen en las capas más gruesas de yeso masivo (Ortí *et al.* 2007) (fig. 137).

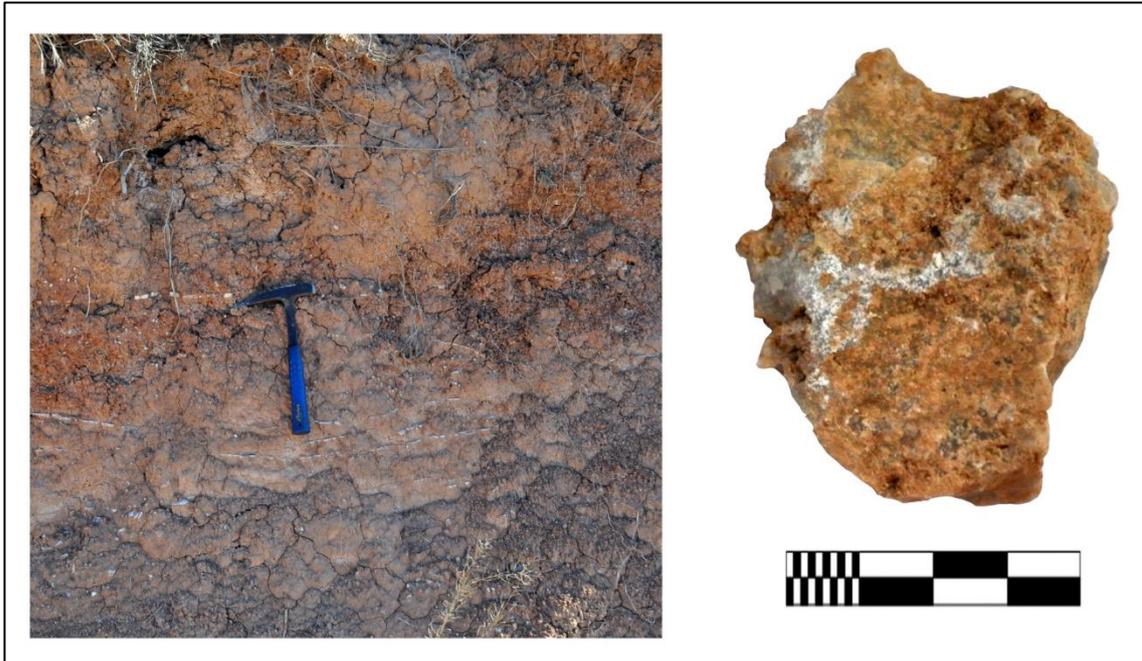


Fig. 137. Afloramiento y muestra “P-PR”.

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l’Hort de la Boquera:

Su acceso es fácil, siguiendo la misma carretera C-14 hasta el km 41 donde ya se hallan nódulos en esta formación. Material medianamente abundante y de fácil extracción, se halla asociado sobre todo a las zonas ricas en alabastro. Se encuentra a 57 km de l’Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 138).

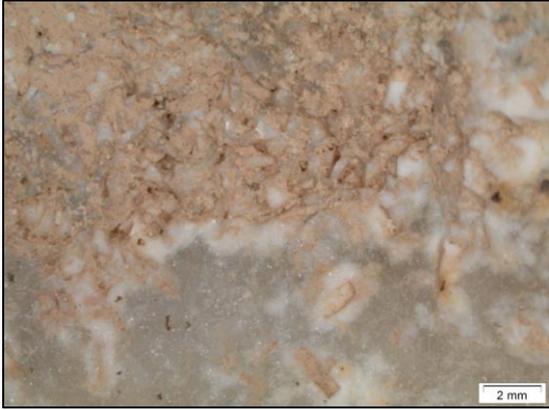
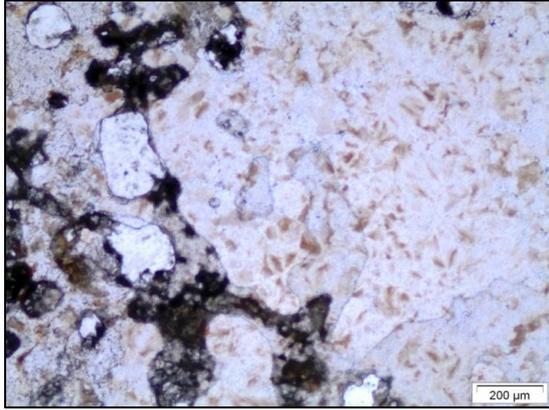
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja yesos y arcillas. Sílex arriñonado y en vetas de diversos colores, rojizos, blancos, grises, azulados, de media - baja calidad, muy patinado, de grano fino a medio, con recristalizaciones, óxidos metálicos y dendritas de manganeso. Destaca el hallazgo de cristales prismáticos indeterminados.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (65%), esferulitas de calcedonia - <i>length slow</i>- (cuarcina-lutecita) (19%), impurezas en forma de óxidos metálicos (15%) y lentículas de yeso (1%). Estas impurezas han teñido la matriz, impregnando la estructura cristalina y confiriendo unos colores de interferencia rojizo-marrón. Presenta materia orgánica.</p>
	

Fig. 138. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, detalle de cristales prismáticos; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; detalle de la materia orgánica incluida y de esferulitas jóvenes en formación, microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu$ m).

c) Yesos de Sarral

Características generales

Esta formación de yesos es una unidad evaporítica que se divide a su vez en dos subunidades, la más importante, que se halla en la base, tiene a su vez dos niveles de yeso con intercalaciones lutíticas. Aunque la litofacies más común de yeso es la masiva, los nódulos y los lechos de sílex aparecen asociados a las capas de yeso meganodular o alabastrino (Ortí *et al.* 2007) (fig. 139).



Fig. 139. Afloramiento y muestra "P-S".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Su acceso es fácil, siguiendo la misma carretera C-14 entre los km 42-43 (Mata-Perelló 2012 y 2013). Los nódulos de sílex son medianamente abundantes y son de fácil extracción. Se encuentra a 58 km de l'Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 140).

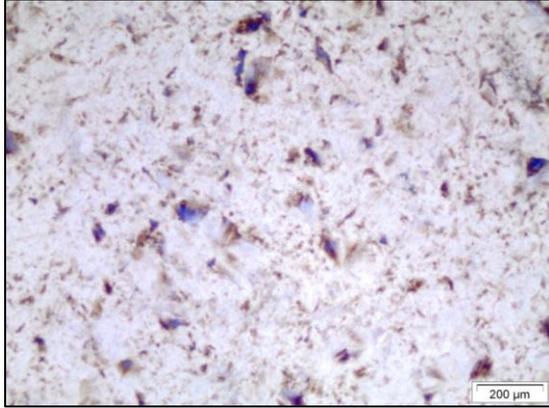
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por yesos y arcillas. Sílex nodular versicolor, oscuro, marrón, rojizo; translúcido, de grano fino a medio, con abundantes lentículas de yeso y óxidos, pátina blanca, mediocre, con recristalizaciones y homogéneo. Presenta relieves negativos de cristales prismáticos indeterminados y romboedros de dolomita.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (85%), calcedonias <i>-lengh slow-</i> (cuarcina-lutecita) en proceso de maduración (15%) (Bustillo, com.pers.); muestra bastante homogénea.</p>
	

Fig. 140. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, detalle de cristales prismáticos; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200μm).

### 7.1.7 Formación Blancafort

#### Características generales

Según la bibliografía geológica se trata de la formación PEox, compuesta por margas grises y areniscas con intercalaciones de yesos (Eoceno-Oligoceno), si analizamos la bibliografía en detalle (Mata-Perelló y Sanz 2013) se trata de unos niveles lutíticos y de areniscas de tonalidades ocres de cronología estampiense, que se integran en el Complejo aluvial del Montsant (fig. 141).

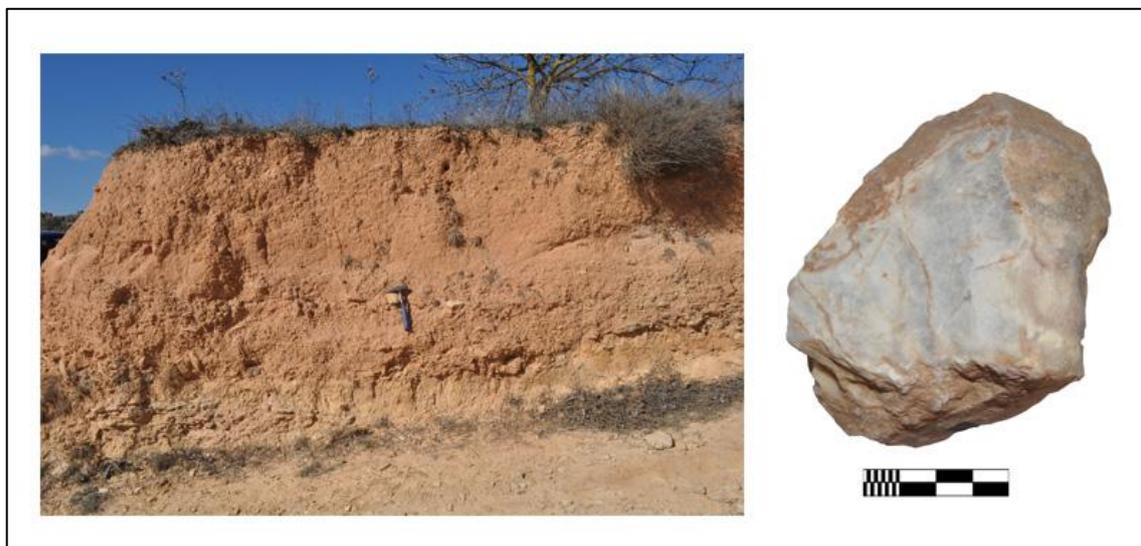


Fig. 141. Afloramiento y muestra "B".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a Hort de la Boquera

De acceso medianamente fácil, siguiendo la carretera TV-2336 y entrando en la población de Blancafort, hasta el km 6-7 donde llegamos al "Barranc de les Garses. Material poco abundante, se trata de nódulos centimétricos dispuestos en estratos de fácil extracción. Se encuentra a 58 km de Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 142).

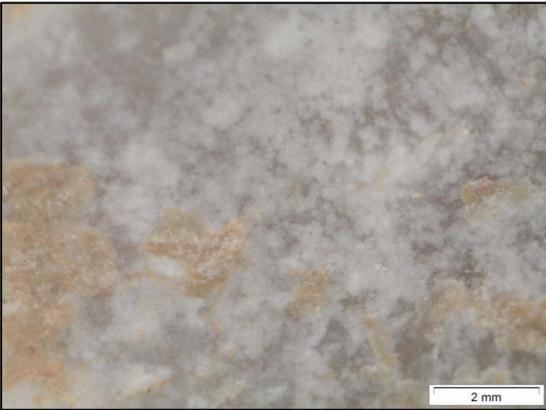
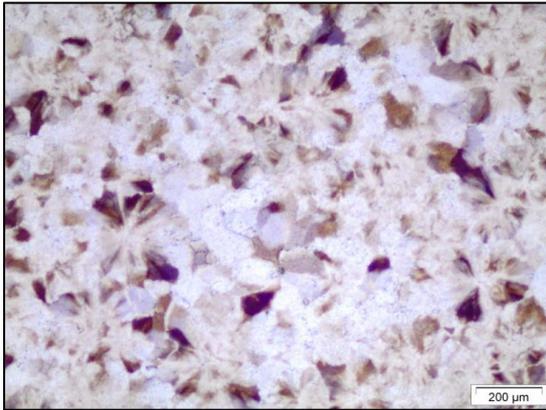
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por lutitas y yesos. Sílex nodular de tonalidades blanquecinas, semitranslúcido, con pátina blanca, de calidad media – baja, de grano fino a medio, algunos óxidos metálicos incluidos.</p>	<p>Matriz compuesta por calcedonia <i>lenght slow</i> (70%) (cuarcina-lutecita) y esferulitas de calcedonia (20%) en proceso de envejecimiento o recristalización a megacuarzo. Tiene la misma microestructura que la muestra de Sarral, pero con mayor porcentaje de esferulitas de calcedonia además de mayor tamaño. Moldes de lentículas de yeso y relictos de carbonato.</p>
	

Fig. 142. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz (escala 2 mm), cristales de megacuarzo en proceso de calcedonización; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu$ m).

#### 7.1.8 Unidad Torrente de Cinca – Alcolea de Cinca

Esta unidad, que abarca un tramo de casi 100 km de norte a sur, desde Huesca a Tarragona, está tradicionalmente relacionada con la aparición de grandes nódulos de sílex, sobretodo, en la zona más cercana a los Monegros (Roy *et al.* 2013). Se decidió prospectar dos puntos de afloramiento de la misma unidad pero alejados casi 80 km para demostrar que podía aparecer

sílex de esta formación mucho más cerca del yacimiento de lo que en un principio se podía esperar.

### Características principales

#### a) Ballobar (Huesca)

Según la bibliografía geológica IGME: Hoja núm. 387 “Fraga” se trata de una unidad constituida por 2 litologías, donde es la superior la que contiene sílex: “la litología superior es carbonatada, de calizas bioclásticas (amarillas y grises) fétidas, la mayoría arenosas y a veces margosas, con fragmentos de gasterópodos y caráceas. En la parte superior de la serie las calizas contienen abundantes nódulos de sílex formando estructuras arrosariadas por coalescencia de nódulos en el mismo nivel”.

Tarriño *et al.*, (2013) bautiza el material silíceo hallado como el ‘Sílex marrón de los Monegros’ y explica que “aflora en una vasta extensión siguiendo la orilla occidental del río Cinca (Los Monegros) cerca de las poblaciones de Fraga, Ballobar y Mequinenza (Huesca), estando integrado en una formación geológica de biomicritas lacustres tabulares de gran extensión lateral y atribuyéndole una edad Miocena Inferior - Chattiene- Aquitaniense”. Distinguió hasta 4 variedades aparecidas en diferentes niveles a lo largo de la sección descrita.

En primer lugar nos dirigimos a la orilla del río Alcanadre en busca de nódulos pero no obtuvimos resultados positivos (fig. 143).



Fig. 143. Río Alcanadre a la altura de la población de Ballobar.

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

El resultado positivo llegó al prospectar en las cercanías de la misma población de Ballobar, junto al barranco de la Tejería, un lugar de fácil acceso (fig. 144). La disponibilidad de sílex era buena, con muestras de tamaños decimétricos pero a su vez, la extracción fue difícil debido a la dureza y compactación de su roca caja. Se encuentra a 72 km de l'Hort de la Boquera.



Fig. 144. Afloramiento y muestra "BALL".

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 145).

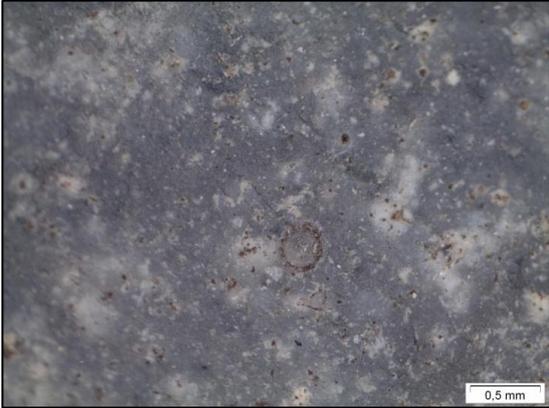
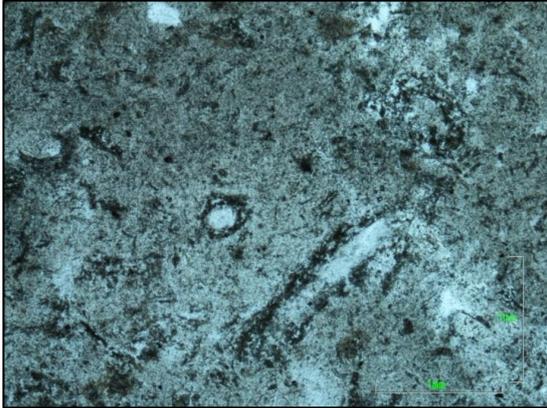
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja carbonatada. Sílex arriñonados de tonalidades grises, azul oscuro, negro; opaco, de calidad buena – mediocre, buena silicificación, textura heredada <i>Wackestone</i>, pátina ferruginosa y blanca, y caráceas relictas incluidas.</p>	<p>Matriz de sílex cripto y microcristalina compuesta por microcuarzo (35%) y criptocuarzo (20%), restos vegetales y algales (caráceas) (30%), calcedonia <i>length fast</i> (calcedonita) relleno de cavidades (15%); textura heredada <i>Packstone-Grainstone</i>, zonación textural, aún muy carbonatada.</p>
	

Fig. 145. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,5 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz, detalle de los fragmentos de tallos de caráceas; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100µm).

b) La Fatarella

Según la bibliografía geológica IGME: Hoja núm. 470 “Gandesa” se trata de la misma unidad oligocena (Chattiense) - Unidad de Torrente de Cinca/ Alcolea de Cinca – compuesta por lutitas, areniscas y calizas, con una potencia parcial de 30 m. En ningún caso se habla de la presencia de nódulos de sílex en este tramo, aunque existen (fig. 146).



Fig. 146. Afloramiento y muestra “FAT”.

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l’Hort de la Boquera

Siguiendo la carretera TV-7331 a la altura del km 5 en dirección a La Fatarella. El sílex es muy escaso y de difícil extracción de la roca caja. Se encuentra a 38 km de l’Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 147).

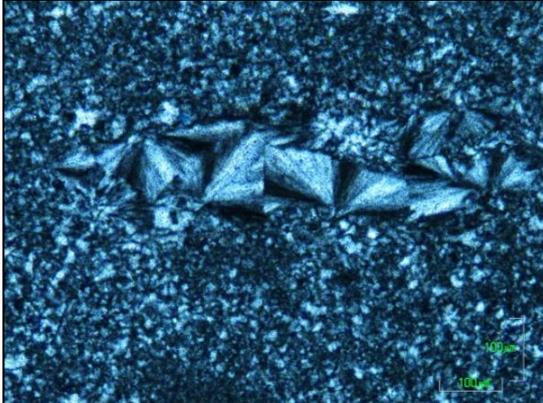
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja carbonatada. Sílex estratificado de tonalidades grises y marrones; translúcido, de calidad buena a mediocre, buena silicificación, textura heredada <i>Mudstone</i>.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (80%), cristales de megacuarzo (15%), restos de materia orgánica (2%), microfósiles aciculares de tamaño grande reemplazados por calcedonia (3%).</p>
	

Fig. 147. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de un microfósil acicular silificado (mosaico de megacuarzo); microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m).

### 7.1.9 Cuaternario

Se trata de las terrazas del río Ebro situadas en la población de Flix, que según la bibliografía geológica IGME: Hoja núm. 444 “Flix” corresponden a la formación QT2 que abarca tanto al río Ebro como al Ciurana y está compuesta por gravas heterométricas poco cementadas. En ningún caso se menciona la naturaleza de estas gravas (fig. 148).



Fig. 148. Afloramiento cuaternario (terraza) y muestra “FLIX”.

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l’Hort de la Boquera

Esta terraza rodea todo el río Ebro, pero el material silíceo hallado fue muy escaso, sólo se halló un par de cantos y su extracción fue medianamente fácil. Se encuentra a 30 km de l’Hort de la Boquera.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 149).

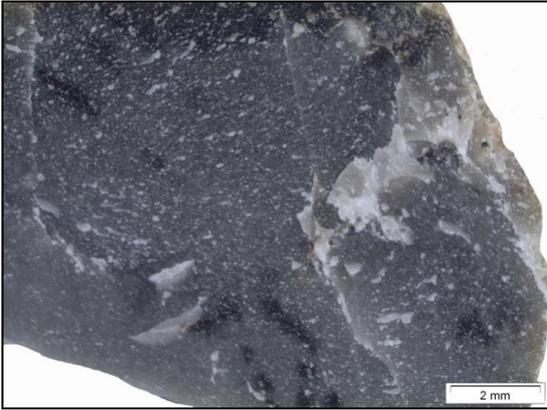
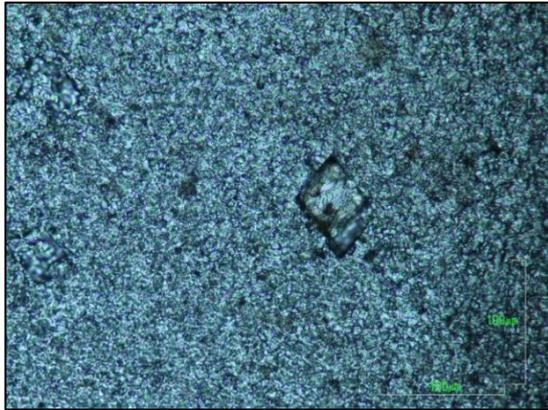
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja compuesta por areniscas y limos arcillosos poco cementados. Sílex en forma de cantos de color gris, de grano fino a medio, de media a buena calidad aunque parece que su grado de silicificación es algo bajo; contiene motas negras (2%) y pátina ferruginosa.</p>	<p>Matriz criptocrystalina (92%), microfósiles, posibles diatomeas en proceso de envejecimiento y transformación a cuarzo (5%) (Dra. Bustillo, com. pers.), moldes de pseudomorfo romboidales (2%), óxidos aislados (1%).</p>
	

Fig. 149. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de un relicto de pseudomorfo romboidal; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m) .

### 7.1.10 Formación de la Serra Llarga

Según la bibliografía geológica (AAVV 2010, Tarrío 2006) se trata de la formación lacustre POmc1 de cronología estampiense superior, compuesta por calizas estratificadas (biomicritas grises) con intercalaciones de margas grises y lutitas arcillosas así como niveles, más o menos continuos, de sílex. Aflora en la vertiente meridional de la Serra Llarga y su máxima potencia, de 80 m, se alcanza en Castelló de Farfanya para luego disminuir hasta 50 m en Algerri y Alfarras. Tiene continuidad en las calizas de Tàrrega (fig. 150).



Fig. 150. Vista general de la Serra Llarga.

a) Algerri

El primer punto de afloramiento visitado fue Algerri, el área más occidental de la sierra. El llamado "Sílex negro de la Serra Llarga" engloba variedades de buena calidad con unas características macroscópicas similares (Mangado 2005 y 2006a, Tarrío 2006) (fig. 151).

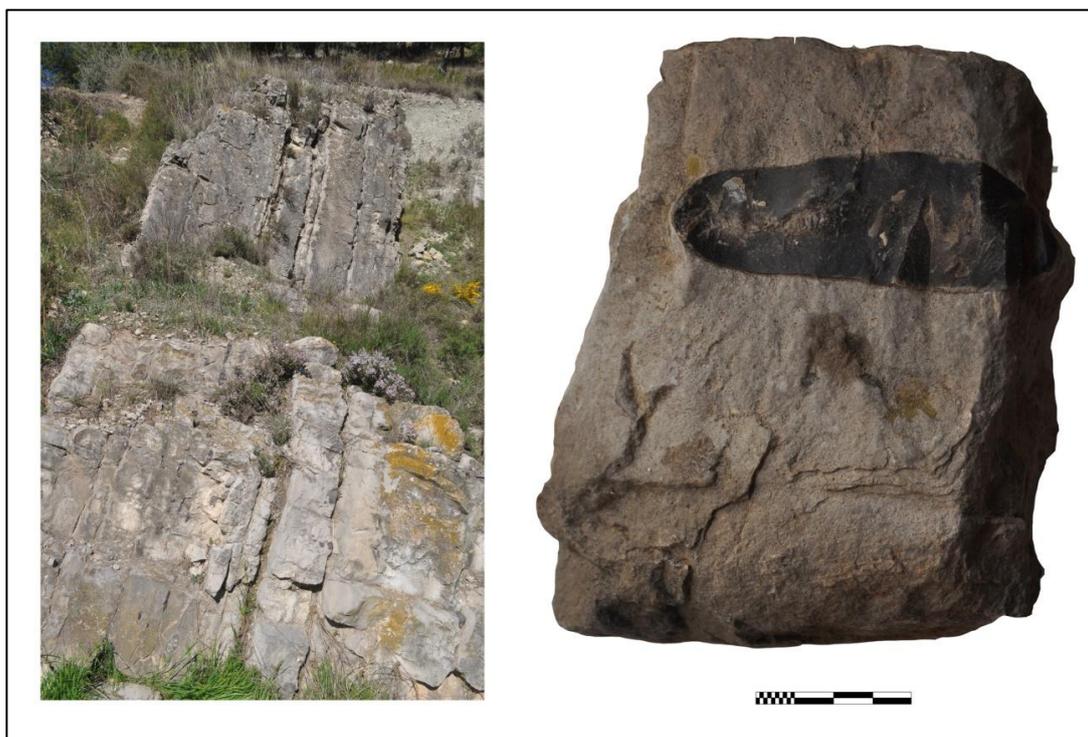


Fig. 151. Afloramiento y muestra "ALG".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

De acceso fácil ya que se encuentra por todo el camino que lleva al castillo de Algerri. El material silíceo es abundante y se halla tanto en afloramiento *in situ* como en nódulos caídos por el camino. Se encuentra a 73 km de l'Hort de la Boquera. La extracción del sílex de la roca es de difícil a muy difícil.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 152).

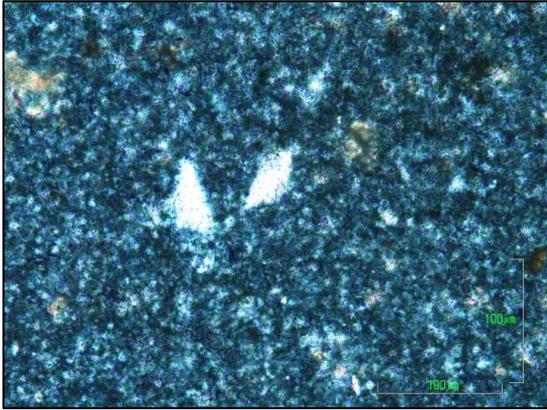
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
Roca caja caliza. Sílex en riñones, de colores oscuros, translúcido-opaco, de buena calidad, de grano muy fino a fino y textura heredada <i>Mudstone</i> .	Matriz compuesta por microcuarzo (90%), fósiles reemplazados por calcedonia <i>length fast</i> (9%) (calcedonita) y pseudomorfos de lentículas de yeso (1%).
	

Fig. 152. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz, detalle de lentícula polimíctica de yeso; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100  $\mu\text{m}$ ).

b) Castelló de Farfanya

El segundo punto de afloramiento prospectado en la Serra Llarga se realizó en la población de Castelló de Farfanya (fig. 153).



Fig. 153. Afloramiento y muestra "FAR".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

El sílex se halla en las inmediaciones del castillo, justo en los estratos inferiores, por lo que su obtención es algo costosa, a parte que el material es más bien escaso. Se encuentra a 75 km de l'Hort de la Boquera. La extracción del sílex de la roca caja es de difícil a muy difícil.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 154).

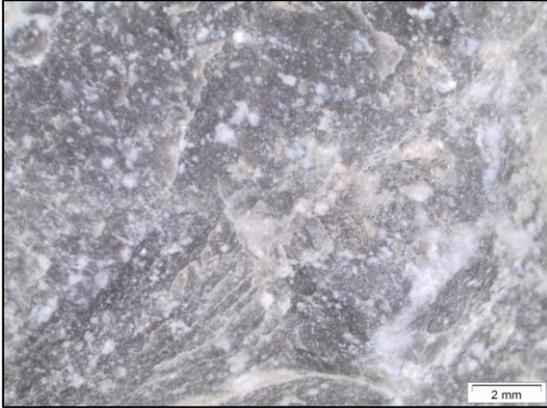
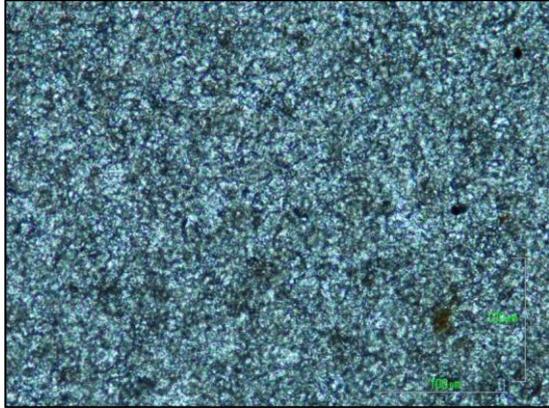
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja caliza. Sílex en riñones, de colores oscuros, translúcido-opaco, de buena calidad, de grano muy fino a fino y textura heredada <i>Mudstone</i>. Un grado menor en silicificación que la muestra de Algerri.</p>	<p>Matriz compuesta por mosaicos de cuarzo microcristalino (95%), fósiles reemplazados por calcedonia <i>length fast</i> (4%), pseudomorfos de cristales de yeso (1%).</p>
	

Fig. 154. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100μm).

c) Bellmunt d'Urgell

La tercera parada efectuada en la Serra Llarga corresponde a Bellmunt d'Urgell, que contiene un tipo de sílex de aspecto macroscópico diferente de los otros dos puntos, al tener una coloración rojiza muy característica (fig. 155).



Fig. 155. Afloramiento y muestra "BELL".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a l'Hort de la Boquera

Este punto de afloramiento se restringe al sector oriental de la vertiente meridional de la Serra Llarga (o Serra de les Quadres) cerca de la población de Bellmunt d'Urgell. Sílex poco abundante, tanto *in situ* como desprendido por los alrededores. Se encuentra a 72 km de l'Hort de la Boquera. La extracción del sílex de la roca caja es de difícil a muy difícil.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 156).

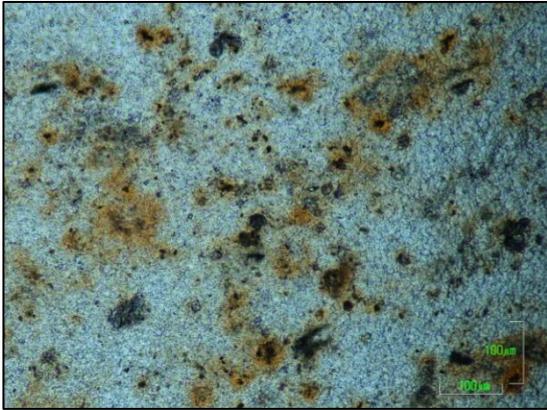
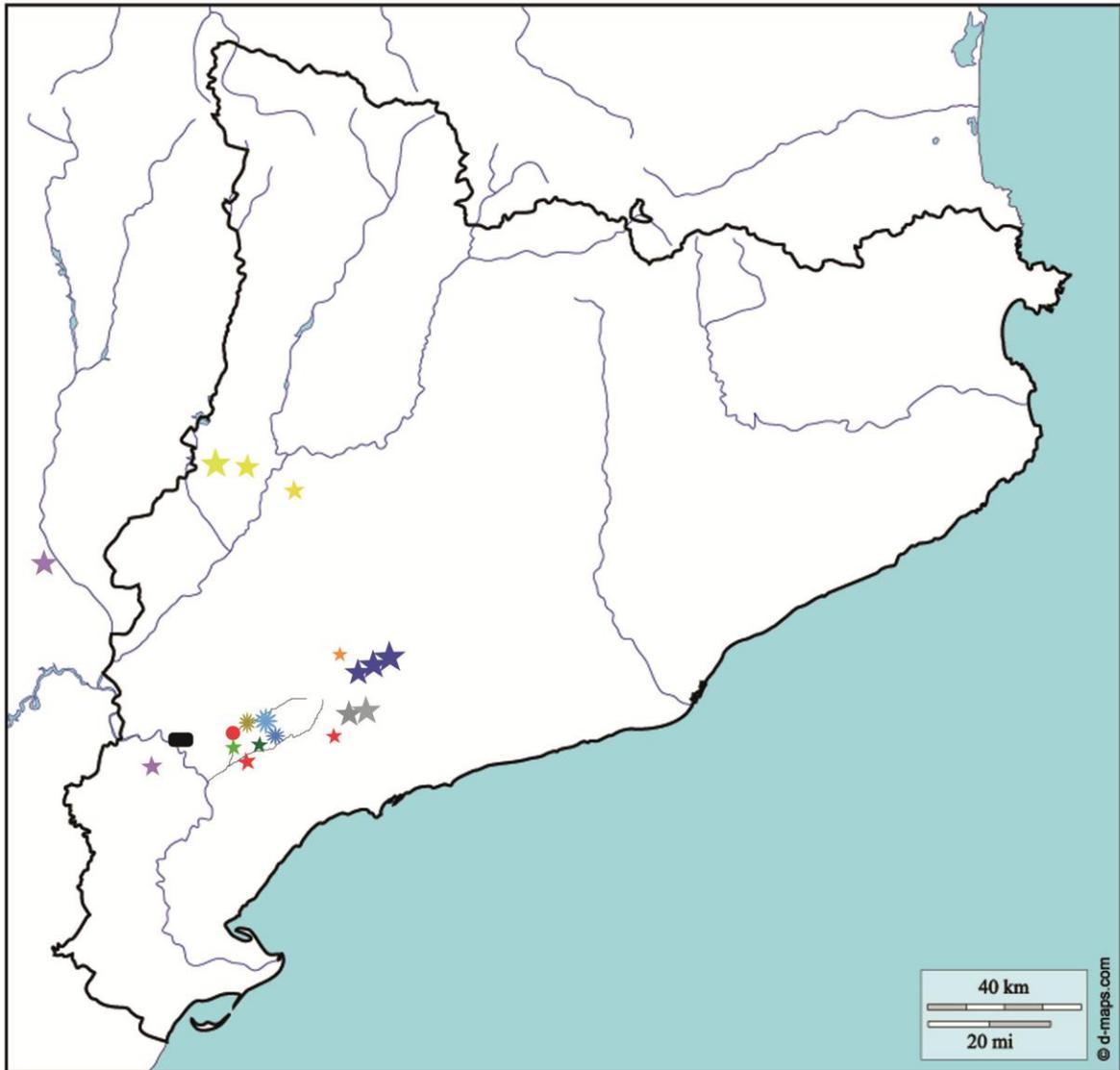
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Roca caja caliza. Sílex en nódulos, de coloraciones intensas rojizas, translúcido, de calidad buena, de grano fino a muy fino, calcedonítico, de textura heredada <i>Mudstone</i>.</p>	<p>Matriz compuesta por microcuarzo (65%), gran presencia de óxidos metálicos (20%) con zonas más afectadas por la materia orgánica englobada (10%), fósiles indeterminados (4%) y pseudomorfos romboidales (1%).</p>
	

Fig. 156. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de los óxidos observados; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m).

Para concluir este capítulo se va a realizar un breve resumen en forma de mapa para situar la totalidad de formaciones que contienen sílex halladas y que de un modo u otro, podrían estar relacionadas con el abastecimiento de materias primas por parte de los pobladores de l'Hort de la Boquera (fig. 157):



## Leyenda

- Hort de la Boquera
- Afloramientos primarios**
- ☀ Grupo Scala Dei - Fm Montsant (Oligoceno)
- ☀ Grupo Cornudella - Complejo Ulldemolins (Eoceno inf - medio)
- ☀ Grupo Cornudella - Fm Morera (Eoceno inf - medio)
- ★ Carbonífero
- ★ Muschelkalk inferior y superior
- ★ Fm Valldeperes (Cuisiense - Luteciense)
- ★ Fm Pira (Bartoniense-Priaboniense)
- ★ Fm Blancafort (Eoceno-Oligoceno)
- ★ Unidad Torrente de Cinca (Chattiense - Aquitaniense)
- ★ Sílex de la Serra Llarga (Oligoceno inferior)
- Afloramientos secundarios**
- Terrazas cuaternarias

Fig 157. Mapa que muestra la totalidad de formaciones prospectadas y los 19 puntos diferentes de afloramiento (algunos sólo a nivel de formación, como Grupo Scala Dei, Grupo Cornudella ya detallados en el mapa anterior) visitados en relación a l'Hort de la Boquera.



## 7.2 Prospecciones relacionadas con el yacimiento del abrigo de La Roureda y descripción de las muestras recuperadas

La información sobre fuentes de materias primas en la Prehistoria en la región de Valencia es relativamente escasa (Eixea *et al.* 2014, Villaverde *et al.* (2008). No existe apenas literatura científica sobre la procedencia de la materia prima ni sobre la disponibilidad de sílex en el territorio adyacente al abrigo, así que en nuestro estudio se ha contado con tres pilares básicos: la recopilación de la información aportada por la cartografía geológica realizada por el IGME<sup>14</sup>, el libro del Dr. Arasa Tuliesa sobre la geología de la comarca de Els Ports (Arasa Tuliesa 2011) y las informaciones orales locales.

Se han prospectado alrededor de 100 km a la redonda, efectuando así un exhaustivo y sistemático trabajo sobre el terreno a corta, media y larga distancia del yacimiento para obtener una idea de conjunto y global del entorno geológico y la disponibilidad de afloramientos de sílex.

La geología de la zona más cercana al yacimiento (unos 30 km a la redonda) está básicamente compuesta por dolomías masivas con pasadas calcáreas (Jurásico), alternancia de margas, calizas y areniscas (Cretácico Inferior), seguida de una potente serie carbonatada compuesta por margas, calizas, areniscas y dolomías (Cretácico Superior) y conglomerados, areniscas y arcillas (Terciario).

Ante la situación de casi total ausencia de bibliografía específica, una de las fuentes de información que se tuvieron en cuenta fueron las comunicaciones e informaciones orales. Gracias al Dr. Dídac Román, a sus conocimientos sobre el terreno, así como a sus contactos

---

<sup>14</sup> Se han analizado las siguientes hojas (25) de las series del Instituto Geológico y Minero Español a escala 1:50000: hoja 517 correspondiente a Argente, hoja 518 correspondiente a Montalban, hoja 519 correspondiente a Aguaviva, hoja 520 correspondiente a Peñarroya de Tastavins, hoja 521 correspondiente a Beceite, hoja 542 correspondiente a Alfambra, hoja 543 correspondiente a Villarluengo, hoja 544 correspondiente a Forcall, hoja 545 correspondiente a Morella, hoja 546 correspondiente a Ulldecona, hoja 567 correspondiente a Teruel, hoja 568 correspondiente a Alcalá de la Selva, hoja 569 correspondiente a Mosqueruela, hoja 570 correspondiente a Albocacer, hoja 571 correspondiente a Vinaroz, hoja 590 correspondiente a La Puebla de Valverde, hoja 591 correspondiente a Mora de Rubielos, hoja 592 correspondiente a Villahermosa del Río, hoja 593 correspondiente a Cuevas de Vinromá, hoja 594 correspondiente a Alcalá de Xivert, hoja 613 correspondiente a Camarena de la Sierra, hoja 614 correspondiente a Manzanera, hoja 615 correspondiente a Alcora, hoja 616 correspondiente a Villafamés y hoja 617 correspondiente a Faro de Oropesa

con el Sr. José Viciano, fue posible la obtención de resultados positivos en la exploración del terreno.

Las campañas de prospección se llevaron a cabo tomando en cuenta la situación del yacimiento de la Roureda y fue a partir de su localización exacta que se empezaron a prospectar los distintos afloramientos de las distintas formaciones (en adelante Fm) que contenían rocas silíceas. Haciendo balance, en total se han visitado y recogido muestras de la suma de 8 puntos de afloramiento de rocas silíceas.

#### 7.2.1 Afloramiento de Mas del Pinar

##### Características generales

Este afloramiento fue visitado con los Drs. Dídac Román y Xavier Mangado en el año 2011. Se trata de afloramiento secundario antropizado, tratándose de una zona de labranza aterrazada (fig. 158).



Fig. 158. Afloramiento de Mas del Pinar y muestra de mano "PINAR (CAST I. 1c)"

##### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Este afloramiento, de muy fácil acceso desde la carretera, se halla tan sólo a 5 km siendo el más cercano a la Roureda. Se hallan fragmentos de sílex dispersos por el suelo así como formando parte de las terrazas. La extracción del sílex es muy fácil.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 159):

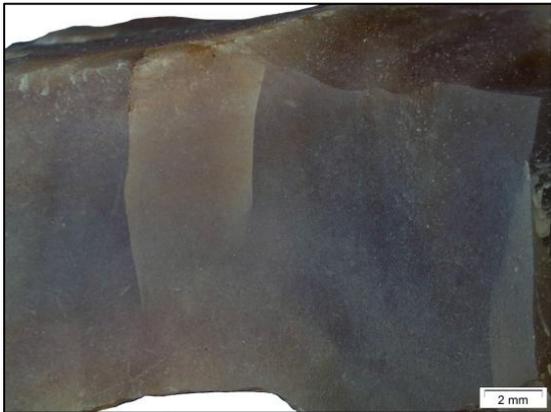
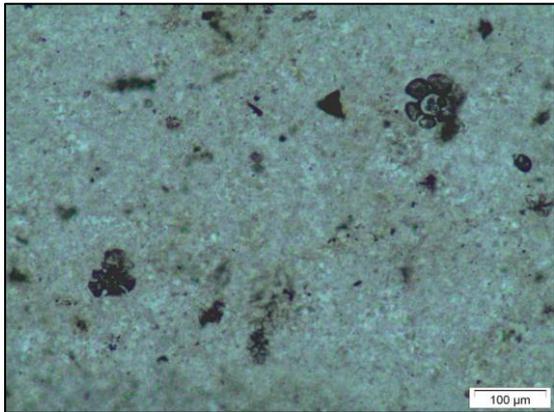
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Silex nodular versicolor, a veces presentando anillos de Liesegang, translúcido, de grano muy fino, de textura Mudstone, heterógeno, de calidad mediocre a muy buena y a veces patinado.</p>	<p>Formado por una matriz criptocrystalina de cristales euhédricos de microcuarzo de extinción ondulante (85%), pudiendo contener hasta un 10% de cristales de calcedonia; su textura es Mudstone por lo que el hallazgo de bioclastos es casi anecdótico: carófitos, ostrácodos y restos de foraminíferos aislados son muy ocasionales, no llegando a superar el 5% sobre el total de la muestra.</p>
	

Fig. 159. Muestra "PINAR (Cast I. 1c)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz, se observan *internal linings* (Dr. Martín-Closas, com. pers.); microscopio óptico (nícoles cruzados, 100μm).

### 7.2.2 Pista de la estrella- Mas del Quinyó (Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense)

#### Características generales

Este afloramiento fue hallado gracias a una comunicación oral. El afloramiento fue visitado con el Dr. Dídac Román en 2015, en la cartografía geológica no aparece ninguna Fm descrita con presencia de sílex en la zona. Localizamos la Fm en el IGME: Hoja 569 "Mosqueruela". Se trata de la Fm C21-26 del Turoniense, formada por dolomías, margodolomías y calizas bien estratificadas (fig. 160).



Fig. 160. Afloramiento de Pista de la Estrella y muestra de mano "ESTRELLA".

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Desde Vilafranca nos dirigimos a la pista de la Estrella hasta el Mas del Catxerulo, el camino desciende unos centenares de metros hasta hallar la Fm. En primer lugar encontramos el sílex en el camino, posteriormente aparece *in situ*, incluido en la roca caja. Se trata de un estrato de grano más grueso y textura margosa que se encontraba entre dos estratos diferentes de roca de caliza compacta y estratificada. Se trata de una caliza con estratificación centimétrica que contiene abundante sílex de coloraciones oscuras y con pátina, tanto en sus formas nodulares como estratificadas. La extracción del sílex de la roca caja es de muy difícil a difícil. El lugar está situado a unos 10 km de la Roureda.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 161):

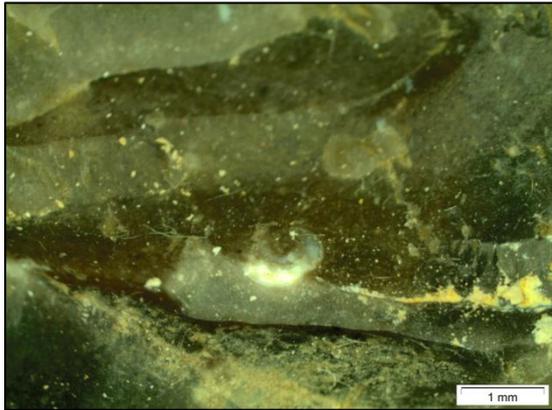
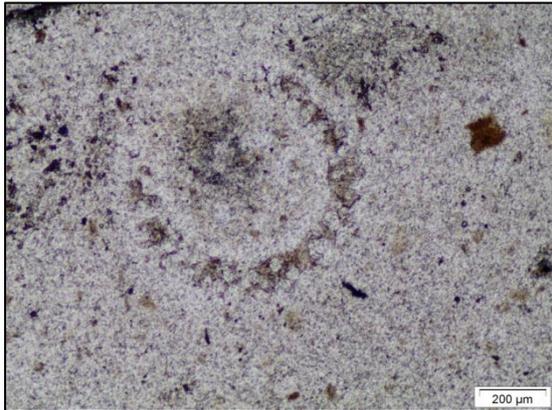
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Sílex estratificado y nodular oscuro, de negro a marrón, de textura <i>Mudstone</i> a <i>Wackestone</i> y con presencia de restos bioclásticos indeterminados (sólo se observa nítidamente un gasterópodo). Puede presentar pátina blanca, es translúcido y con algunas recristalizaciones; de grano fino a muy fino, heterogéneo y de calidad mediocre a buena dependiendo de la zona.</p>	<p>Matriz de micro-criptoquarzo (80%), de textura <i>Wackestone</i>, con relictos fósiles carbonatados inidentificables (20%); y distinguiendo restos de algas carofícias.</p>
	

Fig. 161. Muestra "ESTRELLA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con presencia de carófito; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu\text{m}$ ).

### 7.2.3 Sinclinal de Fortanete (Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno)

#### Características generales

Este afloramiento fue visitado con los Drs. Dídac Román y Xavier Mangado en el año 2011.

En la Hoja 543 “Villarluengo” (IGME), hallamos el tramo Maestrichtiense – Paleoceno<sup>15</sup>, el cual es un conjunto carbonatado y finalmente detrítico de origen salobre/lacustre que marca el retroceso detrítico del mar. Los estratos de la base al techo son los siguientes:

- 15 metros de calizas en pequeños bancos
- 2 metros de margas y calizas margosas
- 8 metros de calizas grises sublitográficas, con niveles margosos y lechos de sílex noduloso oscuro y *Lichnyus Elliptius*
- 12 metros de margas grises y calizas con oogonios de carófitas y gasterópodos
- 20 metros de arcillas versicolores.

El estrato calizo que contiene lechos de sílex noduloso (fig. 162) aflora en el sinclinal de Fortanete; se trata de una ancha cubeta de 8 km de ancho por 20 de largo que empieza en el anticlinal de Miravete y alcanza más allá de la localidad de Fortanete, así como también aflora en el sinclinal pinzado de los Estrechos, por donde atraviesa la carretera de Cantavieja, entre Aliaga y Villarluengo al noroeste de Pitarque.

---

<sup>15</sup> Estas mismas facies se pueden atribuir al Rognaciense y Vitrolliense del SE de Francia (Hoja 543 del IGME)



Fig. 162. Afloramiento de Fortanete y muestra de mano "FORT".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Al tratarse de un afloramiento de grandes dimensiones su acceso es fácil a través de la carretera, ya que ésta lo corta. El estrato calizo es de fácil acceso y se hallan frecuentes nódulos de sílex asociados a él; hallándose fragmentos del mismo dispersos por el suelo. La extracción del sílex de la roca caja es de muy difícil a difícil. Esta ancha cubeta se halla a 22 km de distancia al yacimiento.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 163):

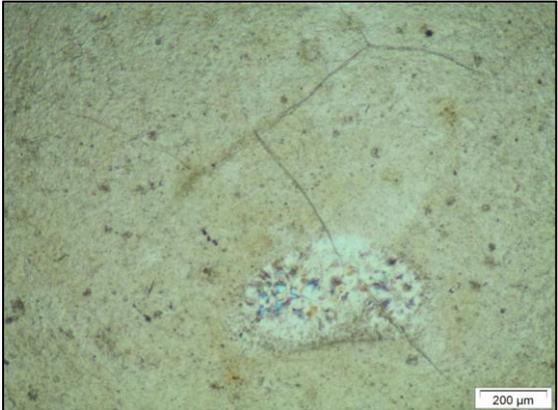
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Se trata de un sílex nodular oscuro con tendencia a patinarse, con presencia de óxidos metálicos y de calidad mediocre a muy buena. Su córtex calcáreo presenta una delimitación medianamente difusa y en él se halla algún pseudomorfo romboidal.</p>	<p>Matriz de micro-criptocuarzo (85%), bastante homogénea, conteniendo fósiles relictos de gasterópodos reemplazados por calcedonia, fantasmas aciculares, posibles fragmentos de ostrácodo y óxidos metálicos aislados (15%).</p>
	

Fig.163. Muestra "FORT (Cast II-3)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular. Derecha: visión microscópica de la matriz, se observa un posible ostrácodo; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200μm).

#### 7.2.4 La Font de la Salut (conglomerados del Eoceno - Oligoceno)

##### Características generales

Este afloramiento fue visitado con los Drs. Dídac Román y Xavier Mangado en el 2011.

En la Hoja correspondiente a Uldecona (Hoja 546 del IGME) situamos el punto exacto de afloramiento (fig. 164) y observamos que se correspondía con la Fm de conglomerados terciarios (Eoceno - Oligoceno) de Font de la Salut pero para nuestra sorpresa, en dicha hoja no se especificaba su contenido en nódulos silíceos. Buscando en las siguientes hojas si dicho conglomerado tenía continuidad, descubrimos que sí.

En la vecina hoja norte de Beceite (Hoja 521 del IGME) se describe la Fm eoceno-oligocena como "un conjunto detrítico formado por areniscas [...] donde es frecuente encontrar niveles de conglomerados calcáreos, así como pequeños niveles carbonatados con sílex que contienen tallos de carófitas y abundantes ostrácodos y gasterópodos".

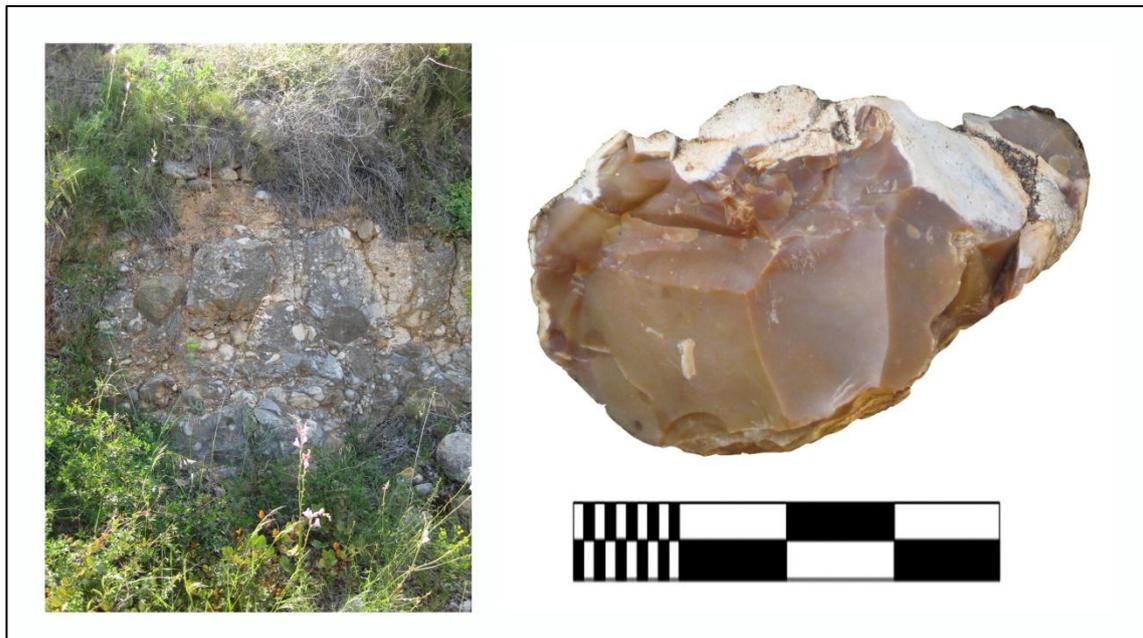


Fig. 164. Afloramiento de Font de la Salut (Traiguera) y muestra de mano "TRAI (CAST II-1)".

Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

El afloramiento se halla a 45 km de distancia a la Roureda y a él se accede fácilmente, ya que el conglomerado tiene grandes dimensiones y presenta bastantes nódulos de sílex. Su extracción es dificultosa por la misma naturaleza de su roca caja.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 165):

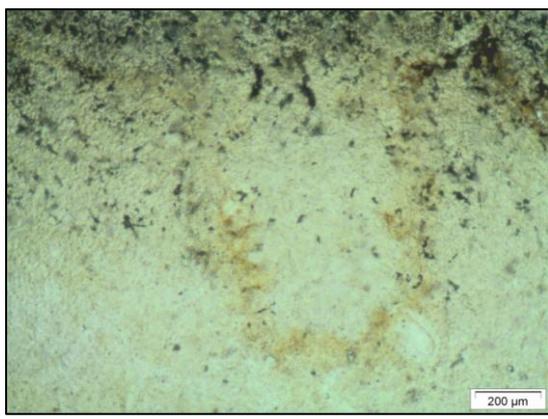
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
Sílex nodular de color marrón, de textura Mudstone, translúcido, homogéneo, brillo céreo, de grano muy fino sin impurezas. Su córtex es calcáreo-conglomerático.	Matriz muy homogénea de micro-criptocuarzo (90%), azoico, de textura <i>Mudstone</i> y abundante materia orgánica incluida (10%).
	

Fig. 165. Muestra "TRAIGUERA (Cast II- 1)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu$ m).

### 7.2.5 Río Guadalope (Formación cuaternaria de aluviones)

#### Características generales

En la Hoja núm. 519 del IGME “Aguaviva” se describe este afloramiento secundario (fig. 166), correspondiente a la terraza cuaternaria de aluviones que se halla en el río Guadalope, a la altura del barrio de Ladruñán.

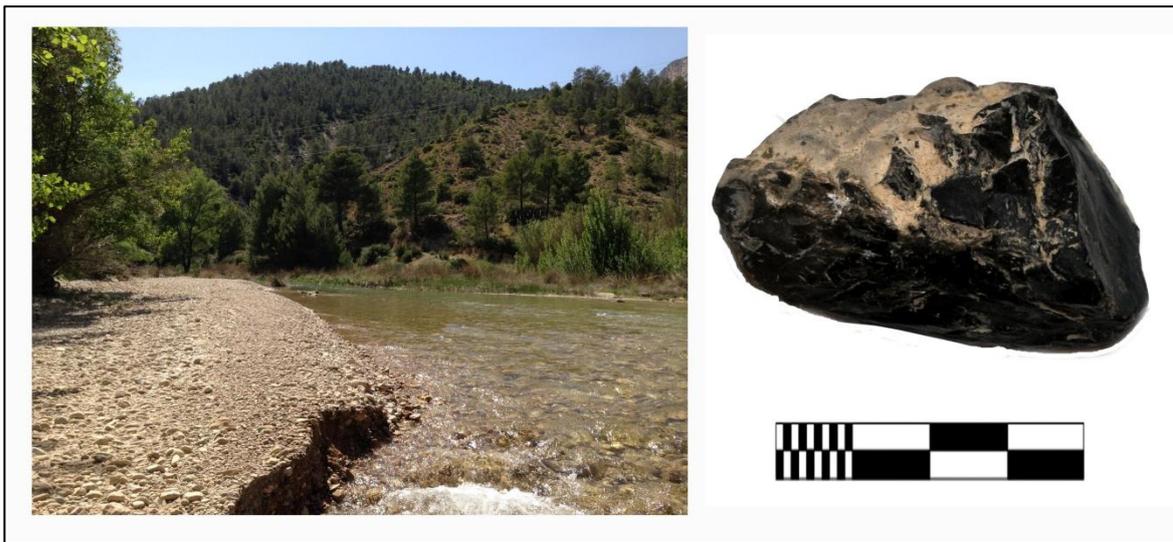


Fig. 166. Afloramiento de río Guadalope y muestra de mano "GUADAL". Autores: Luis Miguel García-Simón y Maria Mar Rey-Solé.

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Sr. Luis Miguel García-Simón. El sílex - nódulos y cantos de medidas decimétricas- se halla en grandes cantidades en el lecho del río Guadalope a la altura del barrio de Ladruñán (municipio de Castellote) en un tramo de acceso fácil donde arranca el sendero balizado hacia el Puente Natural de la Fonseca. Los nódulos se recogen directamente del lecho del río. Este afloramiento se halla a 62 km de distancia de la Roureda.

Descripción macroscópica y microscópica (fig.167).

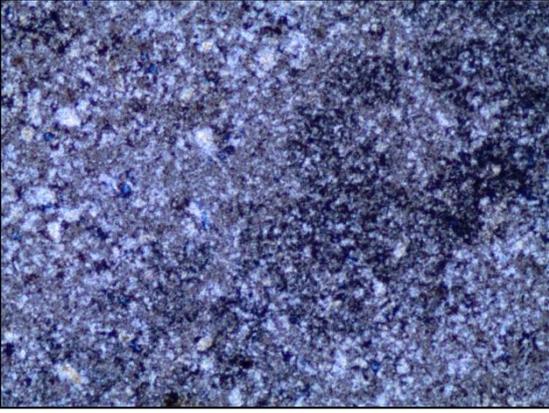
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Cantos y nódulos de sílex oscuro, negro, con presencia de córtex margocalcáreo y rodado, translúcido por zonas y con la presencia de alguna recristalización; de textura <i>Mudstone</i> con algunas zonas más calcedónicas. Es azoico y presenta algún cristal aislado de cuarzo detrítico, su grano es de fino a muy fino y su calidad de buena a muy buena.</p>	<p>Matriz criptocristalina (90%), cristales fibrosos de calcedonia (5%), de textura <i>Mudstone</i> y restos de materia orgánica englobada (5%).</p>
	

Fig. 167. Muestra "GUAD". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular. Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200  $\mu\text{m}$ ).

## 7.2.6 Fondespatla (Carbonatos terciarios del Grupo Matarraña - Guadalope)

### Características generales

Arasa Tuliesa (2011) documenta que "en los alrededores de Fondespatla afloran un centenar de metros de carbonatos de agua dulce que contienen nódulos de sílex, restos vegetales y algunos gasterópodos. Se ven intercalaciones de niveles de lutitas rosadas. Las calizas se presentan en niveles masivos, localmente recristalizados. Se interpreta como medio palustre situado en una llanura lutítica deprimida formando parte del Grupo Matarraña - Guadalope".

En la Hoja 520 del IGME, correspondiente a Peñarroya de Tastavins, se indentifican como la Fm TA3-BC31-1 de edad oligocena (Chatiense, Estampiense y Sannoisiense) de conglomerados poligénicos de cemento calcáreo con intercalaciones de areniscas y arcillas rojas (fig. 168).

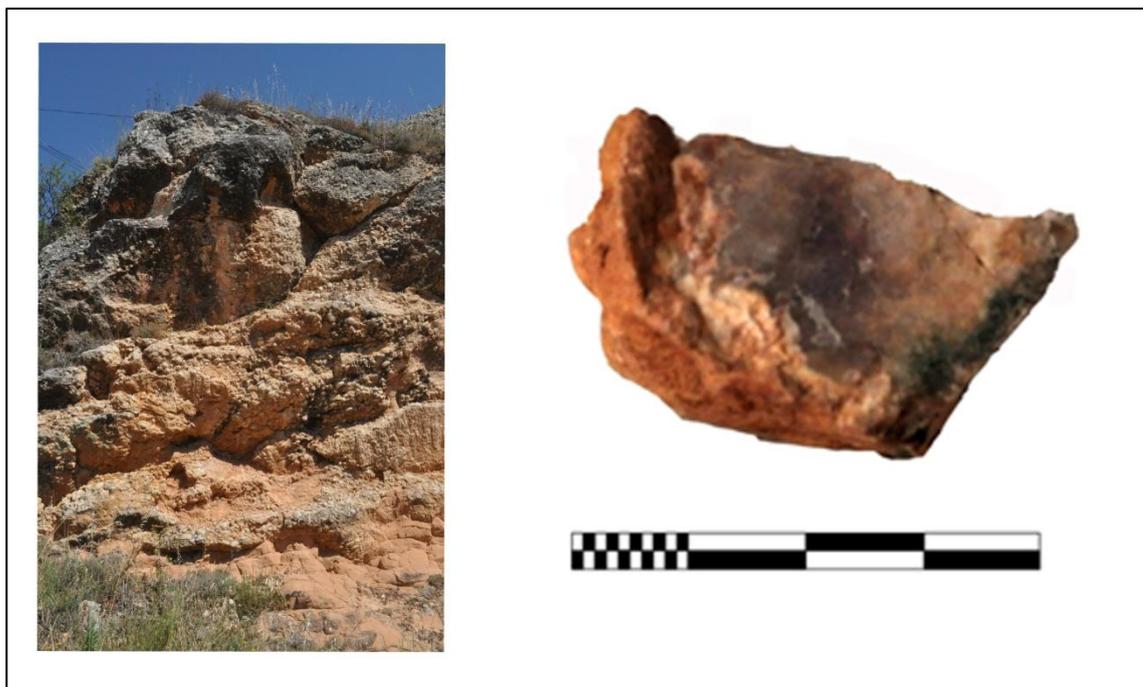


Fig. 168. Afloramiento de Fondespatla y muestra de mano "FOND".

### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Sílex poco abundante, se halla en forma de nódulos insertados en el cemento calcáreo lo que dificulta bastante su extracción; el tamaño de los nódulos de pequeño a mediano oscila entre los 2 a los 5 cm. La distancia de este afloramiento hasta la Roureda es de 68 km.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 169):

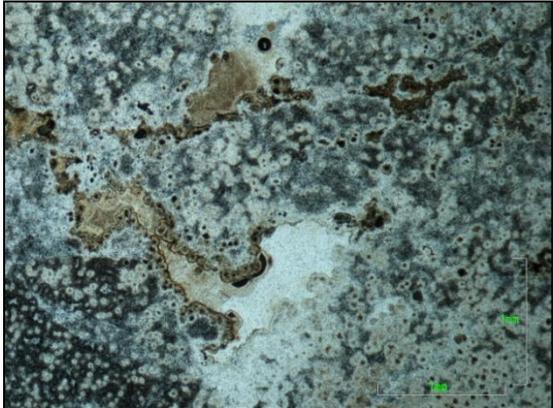
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Sílex nodular con silificación preferente de los microfósiles; se observan zonas más calcedónicas, de textura granulosa. Su roca caja es calcárea.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (85%), calcedonias <i>lenght fast</i> aisladas - calcedonita- (5%) las cuales indican un ambiente carbonatado, (Dra. Bustillo, com. pers.) y presencia de minerales opacos (10%).</p>
	

Fig. 169. Muestra "FOND". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con gran cantidad de óxido; microscopio óptico (luz paralela, 100 μm).

### 7.2.7 Formación Chelva (Carbonatos del Jurásico)

#### Características generales

Según la bibliografía geológica IGME: Hojas núm. 590, 567 y 542 correspondientes a “Puebla de Valverde”, “Teruel” y “Alfambra” se trata de una formación de calizas y calcarenitas estratificadas con nódulos y riñones de sílex, de edad comprendida entre el Toarciense superior al Oxfordiense superior y una potencia de 25 m. Se localizan en zona occidental de Sierra Palomera, Cedrillas y en la Sierra del Pobo (fig. 170).



Fig. 170. Afloramiento localizado en la Sierra del Pobo y muestra de mano "CHELVA". Autores: Luis Miguel García-Simón y Maria Mar Rey-Solé.

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Este afloramiento fue visitado conjuntamente con el Sr. Luis Miguel García-Simón y localizado en la Sierra del Pobo, en la carretera de El Pobo desde Corbalán, tras pasar el desvío de Escorihuela, punto situado a 75 km de distancia de la Roureda. De fácil acceso y sílex muy abundante pero de extracción muy difícil de la roca caja.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 171).

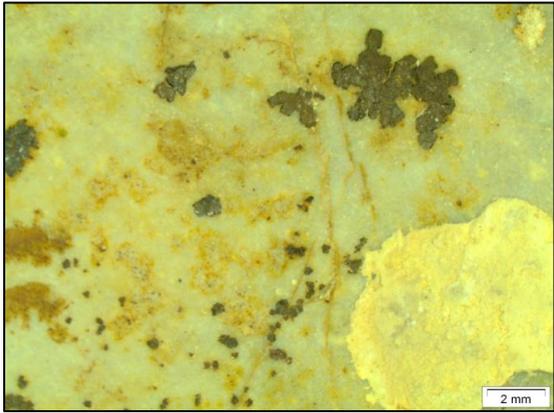
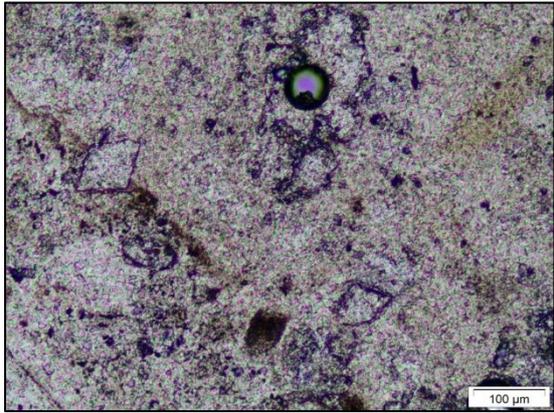
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Sílex de color gris y rojizo, debido a una pátina ferruginosa y a los minerales metálicos incluidos; absolutamente tapizado por relictos de pseudomorfos romboidales; de calidad baja a muy baja, muy tectonizado. Su textura es Wackestone; translúcido por zonas. Sílex nodular y arriñonado muy tectonizado incluido en roca caja caliza.</p>	<p>Se trata de una sílex con un grado de silificación bajo, los restos biológicos están reemplazados por sílice (25%) pero la matriz (75 %) se encuentra aún bastante carbonatada.</p>
	

Fig. 171. Muestra "CHELVA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, donde se observan abundantes relictos de pseudomorfos romboidales; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con relictos de pseudomorfos romboidales; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).

### 7.2.8 Formación Camarena (Formación del Lias inferior y medio)

#### Características generales

Según la bibliografía geológica IGME: Hoja núm 613 "Camarena de la Sierra" es una Fm de "caliza arenosa parda o marrón con juntas onduladas y figuras digitadas de disolución, hacia la base, localmente, aparecen abundantes nódulos arriñonados de sílex de color crema y pardo o gris ceniza" (fig. 172). Se describe también que en la "carretera de Camarena de la Sierra a la Puebla de Valverde la serie de techo a muro (de 60 a 70 m de potencia) de dolomías y calizas bioclásticas contiene tramos ricos en nódulos de sílex".



Fig. 172. Afloramiento de Puebla de Valverde y muestra de mano "VALV".

#### Acceso, disponibilidad de sílex y distancia a la Roureda

Visitamos el tramo de carretera que va desde Camarena de la Sierra a Puebla de Valverde, tal y como la bibliografía indicaba y allí hallamos algunos nódulos de tamaño centimétrico. Afloramiento de fácil acceso, aunque sílex escaso y de muy difícil extracción. Distancia a la Roureda de 87 km.

Descripción macroscópica y microscópica (fig. 173):

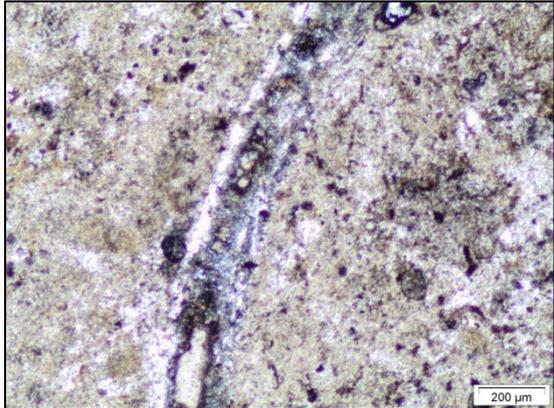
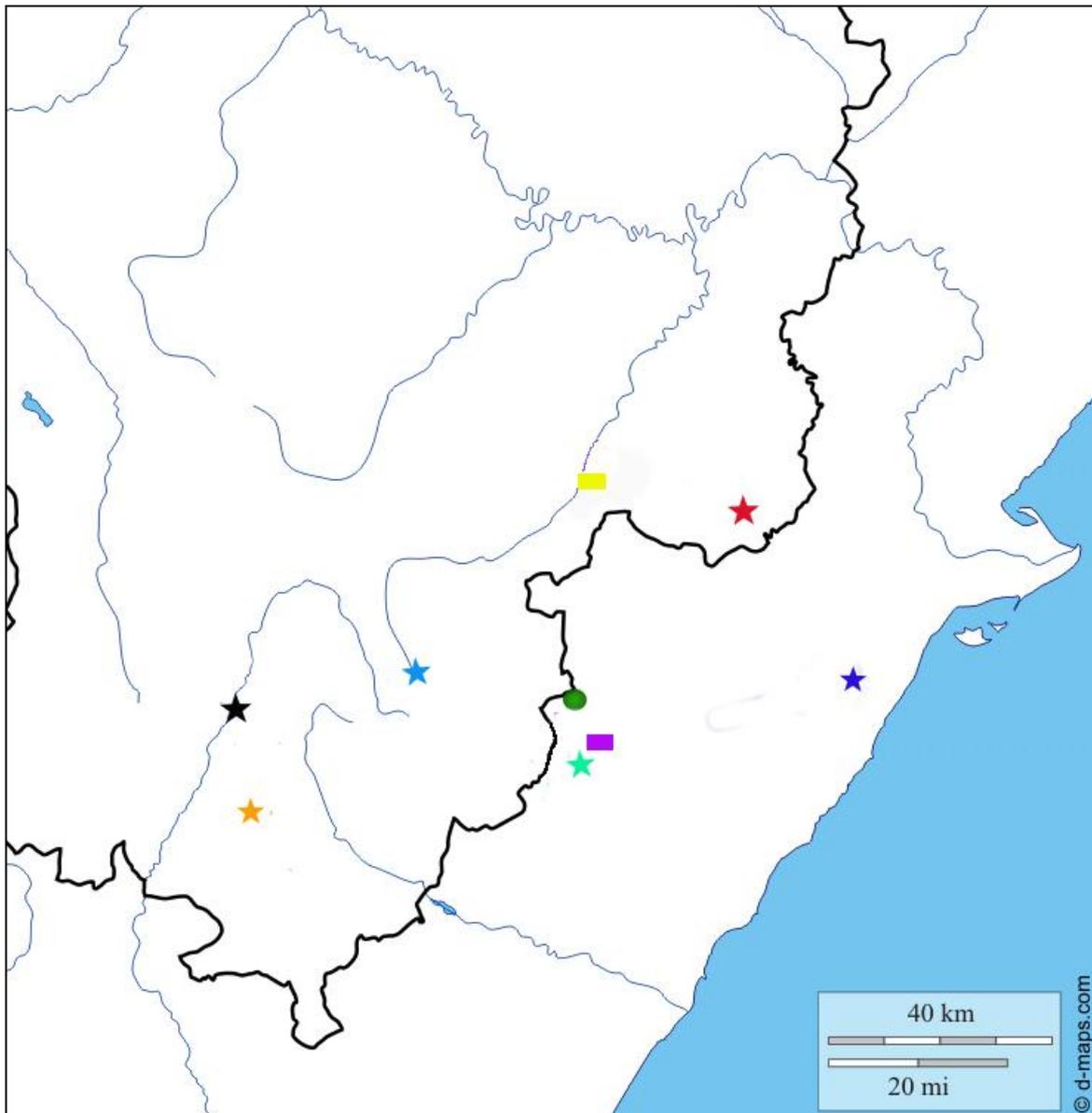
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
<p>Sílex muy carbonatado, se trata de calizas que han sufrido un grado bajo de silicificación. Sílex nodular, de textura <i>Packstone</i>, con bioclastos indeterminados (aunque a simple vista distinguimos espícula y un foraminífero); de calidad mediocre.</p>	<p>Matriz de microcuarzo (65%) con abundantes restos carbonatados (30%) en proceso de silicificación (fragmentos de concha, estructuras aciculares que podrían ser espículas, núcleos esferulíticos de pequeño tamaño -posibles ooides-), también presenta óxidos tipo hematites (5%).</p>
	

Fig. 173. Muestra "VALV". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,5 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 μm).

La figura 174 nos permite situar las diferentes formaciones que contienen sílex y que de un modo u otro, podrían estar relacionadas con el abastecimiento de materias primas por parte de los pobladores de La Roureda.



## Leyenda

● La Roureda

### Afloramientos primarios

★ Pista de la Estrella - Mas del Quinyó (Turoniense)

★ Fortanete (Maestrichtiense- Paleoceno)

★ Font de la Salut (Eoceno - Oligoceno)

★ Fondespatla (Grupo Matarraña-Guadalupe - Cenozoico)

★ Fm Chelva (Jurásico)

★ Fm Camarena (Lias inferior y medio)

### Afloramientos secundarios

■ Mas del Pinar

■ Río Guadalupe

Fig. 174. Mapa que muestra la totalidad de formaciones prospectadas y los 8 puntos diferentes de afloramiento visitados en relación a La Roureda.

Este capítulo de prospecciones debería terminar aquí pero no podemos obviar una parte muy importante del trabajo de campo que desafortunadamente no dió los resultados esperados. Se trata de muchas horas de trabajo, tanto de investigación bibliográfica como de campo, por eso creemos que debemos dejar constancia de las mismas.

Nuestra recopilación bibliográfica sobre afloramientos de sílex nos llevó a documentar un total de nueve afloramientos más donde se mencionaba presencia de sílex, que son los siguientes ordenados de menor a mayor distancia a la Roureda:

En la Hoja 520 del IGME, se presenta una Fm compuesta por "Calizas y calizas bioclásticas, alternando con margas y escasos bancos de areniscas calcáreas situada en la población de Ortells y donde se menciona que hay presencia de "chert" (fig. 175); en la Hoja 521 del IGME, en la Fm de los Carbonatos de Rosell se menciona la "presencia esporádica de nódulos de sílex"; en la misma hoja, la Fm Casinos se describe como "calizas y dolomías beige con la presencia de sílex" y está localizada en los alrededores de Beceite; también en la misma hoja, se habla de la Fm del Eoceno - Oligoceno de areniscas y arcillas ocasionalmente con niveles de conglomerados, en la que se menciona que contiene "pequeños niveles carbonatados con sílex"; en la Hoja 518 del IGME se describe la Fm del Cenomaniense - Senoniense en la que "se pueden observar nódulos de sílex"; en las Hojas 590, 567 y 542 del IGME se documenta la Caliza bioclástica de Barahona donde "ocasionalmente se encuentran juntas margosas con nódulos de sílex"; en las Hojas 590 y 567 del IGME están descritas las terrazas cuaternarias de la Valle del Turia, donde se precisa "la presencia de cantos mixtos silíceos y calcáreos"; en la Hoja 567 del IGME se halla la Fm del Terciario - Paleógeno compuesta por conglomerados, arcillas arenosas, calizas y yesos con "pequeñas intercalaciones de sílex negro"; y por último, en la Hoja 616 del IGME, la Fm del Dogger-Berrasiense, se describe como "compuesta por brechas dolomíticas y dolomías de aspecto brechoide [...] con bancos de caliza esparítica a veces con sílex".



Fig. 175. Fm de calizas y calizas bioclásticas, alternando con margas y escasos bancos de areniscas calcáreas a la altura de Ortells, donde no se halló afloramiento de sílex.

En todos los casos se halló la Fm, pero no el sílex mencionado.

No se puede dar por concluido este capítulo sin hacer algunas reflexiones. Tal y como hemos podido observar, muchos de los afloramientos de sílex hallados lo han sido gracias a las informaciones locales, ya que en la cartografía geológica no se encontraban documentados. Es en este momento cuando debemos suponer que dichos afloramientos lo son a escala muy local, ya que los geólogos que cartografiaron el terreno o bien no los hallaron, o bien no los tuvieron en cuenta por su poca relevancia y repercusión en el entorno geológico y decidieron no documentarlos. Así que la consulta de bibliografía geológica es muy importante y nos proporciona una guía para saber por dónde empezar a buscar – si es que desconocemos el terreno- pero también tiene un papel muy importante el conocimiento de primera mano del terreno, el cual nos permite llegar a conocer bien el territorio que explotaban nuestros ancestros.

Por otro lado, la descripción de niveles de sílex de algunas formaciones en la bibliografía geológica y el tener que hallarlas sobre el terreno nos hace entender que a veces, hay que tener en cuenta una gran rango de factores que pueden jugar en nuestra contra: la gran magnitud de las mismas formaciones (no se puede prospectar todo), las condiciones inaccesibles del terreno, la climatología del día de prospección, el tiempo disponible para el trabajo de campo (normalmente muy limitado), las condiciones físicas y limitaciones personales.



## BLOQUE V: RESULTADOS

### 8. PROCESO METODOLÓGICO Y CARACTERIZACIÓN ARQUEOPETROLÓGICA

En este bloque van a exponerse los resultados de la conjugación de los métodos y técnicas aplicados al estudio de las muestras arqueológicas y geológicas de los respectivos yacimientos.

#### 8.1 Discriminación de las muestras relacionadas con el abrigo de l'Hort de la Boquera. Variedades de sílex determinadas.

A continuación se va a explicar el proceso que se ha llevado a cabo para conseguir la clasificación y discriminación de los diferentes tipos de sílex hallados, la descripción de los mismos así como los problemas surgidos y las soluciones propuestas para poder seguir avanzando en el análisis de la industria lítica de l'Hort de la Boquera así como de las muestras geológicas relacionadas.

##### 8.1.1. Características texturales macroscópicas de cada tipo

El conjunto de restos analizado para este trabajo consta de 25.353 vestigios, entre los que se incluyen, además de todos los restos líticos mayores de 1 cm (24108), las piezas retocadas (976), núcleos (244) y fragmentos de núcleo (25). El análisis se ha llevado a cabo basándonos en la conjugación de las características observadas en los distintos niveles de análisis obtenidos por las técnicas aplicadas. A continuación presentaremos los 3 tipos de sílex hallados en el yacimiento y sus variedades:

- **Tipo 1:** Consta de un total de 954 piezas retocadas (97,74%) y 24068 de restos de talla (99,83%). Presenta un tamaño de grano de fino a grueso siendo por lo general heterogéneo (suele contener clastos de diferente naturaleza, pero los más comunes son los minerales opacos -óxidos metálicos como óxidos de manganeso o de hierro-, las lentículas de yeso y la materia orgánica). Su textura es cristalina y su translucidez depende del grado de patinación o cromatismo de la muestra, de brillante a mate y su córtex heterogéneo polimineral está compuesto por arenisca, yeso y arcillas. Su origen es continental de reemplazamiento de evaporitas y según su aptitud a la talla se clasificaría como “de mediocre a baja”. Este tipo presenta dos variedades cromáticas, la variedad 1, o "evaporítico común" (en adelante 1-1), versicolor (950 retocados, 24008 restos de talla y 269 núcleos y fragmentos de núcleo) (fig. 176 y 177) y representando un 97,33 % del total

de retocados y un 99,58 % del total de restos de talla, y la variedad 2, o "de calidad excepcional" (en adelante 1-2) de color 10 YR (5/3) Brown, (4 retocados, 60 restos de talla y sin representación de núcleos) representando un 0,40 % del total de retocados del tipo y un 0,24% del total de restos de talla. Sus características principales son: textura cristalina, grano fino a muy fino, opaco, de brillo graso, sin impurezas y de calidad muy alta para la talla (fig. 178).

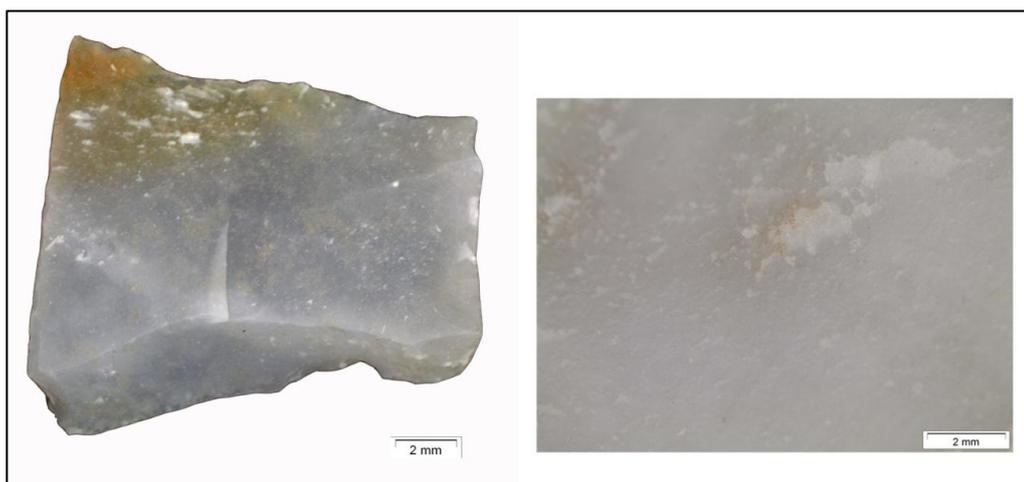


Fig. 176. Muestra "HB09.J5.1504", resto de talla, clasificada como sílex Tipo 1-1. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).

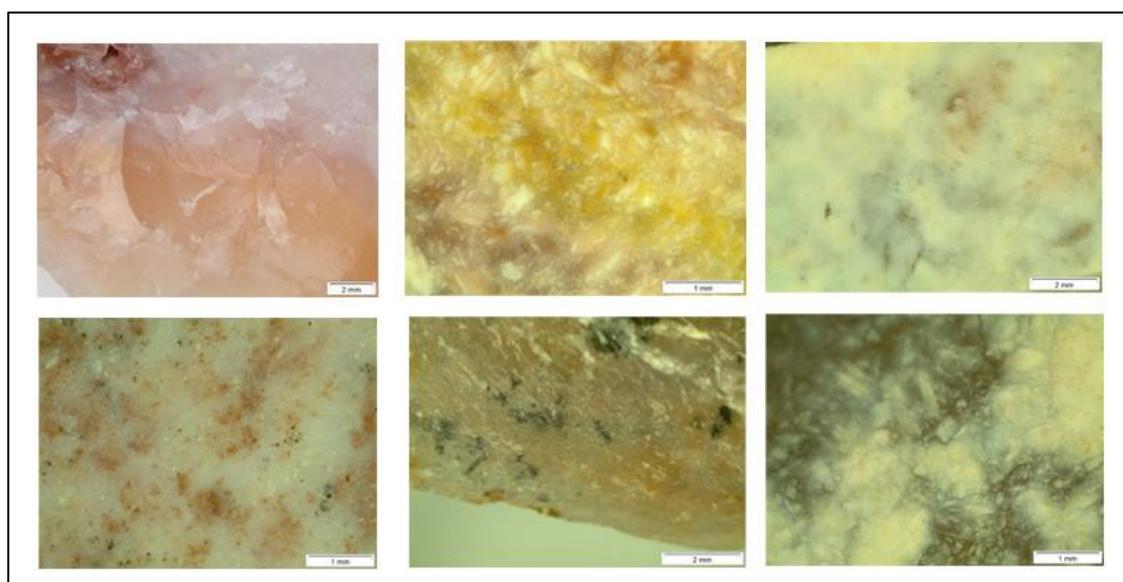


Fig. 177. Diferentes lascas no retocadas procedentes de l'Hort de la Boquera. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: 6 ejemplos de la gran variabilidad textural del tipo 1-1, donde se puede observar la diferencia cromática que puede presentar debido a las diferentes impurezas que la matriz contiene (1, 2), así como las diferentes inclusiones, lentículas de yeso (2, 6), hematites (4), materia orgánica u óxidos de manganeso (5) y la pátina blanca que tiende a desarrollar (3,6). Escala de 1-2mm; lupa binocular.

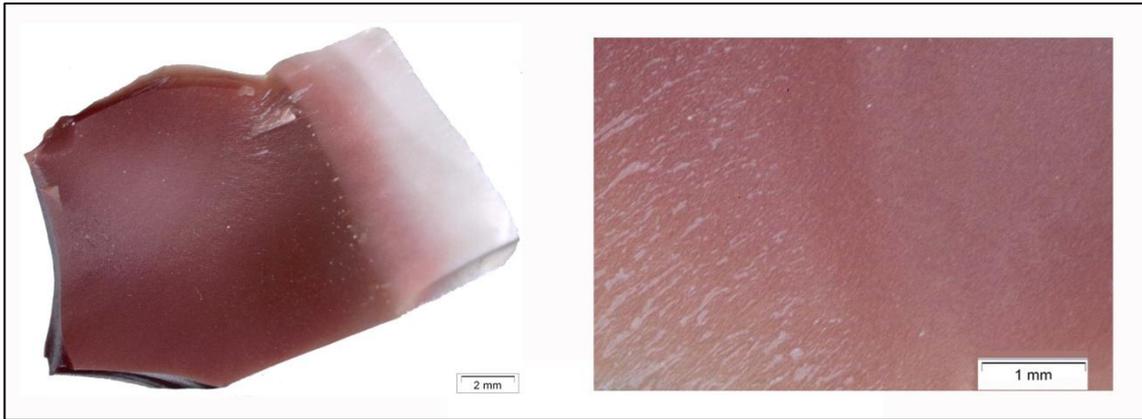


Fig. 178. Muestra "HB12.G8.446", buril, clasificada como sílex tipo 1-2. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).

Una de las características de esta variedad es que aparece en forma de inclusiones de dimensiones variables (normalmente de milimétricas a decimétricas) en la matriz del sílex Tipo 1-1 (fig. 179). Queda patente así la gran variabilidad que tiene el sílex, con oscilaciones colorimétricas y texturales fácilmente distinguibles a simple vista y que halladas por separado podrían dar a pensar en sílex de orígenes distintos.



Fig. 179. "Muestra HB11.F7.827", resto de talla del Tipo 1-1 con inclusión de Tipo 1-2.

Escala: cada partición equivale a 1 cm.

#### 8.1.1.1 La patinación de las muestras

La patinación se define como todo aquel proceso, que tanto puede ser mecánico (acción del viento o del transporte como físico-químico que altera la superficie o el aspecto visible de la muestra (Luedtke 1992). La composición química puede verse alterada debido a procesos como la oxidación, la reducción, precipitación, hidratación u otros (Luedtke 1992) y el aspecto externo se reconoce porque el color ha sufrido algún grado de variación de intensidad (oscilando de ligero a total) o bien el material se ha vuelto opaco.

Dicha patinación avanza de la superficie o los bordes de la muestra hacia el interior, gracias a fracturas o grietas, pudiendo observar una especie de zonación concéntrica. La pátina supone la alteración o disolución de las fases más inestables, por lo que las muestras patinadas corresponderían a las fases más estables y por ende, a las de mayor nivel de cristalinidad (Bustillo, com. pers.). Es precisamente por este motivo que no es aconsejable utilizar muestras con pátina para las analíticas.

La pátina blanca, una de las más comunes, aparece tempranamente como una película muy fina que cubre la superficie de la muestra, siendo su grosor variable incluso en diferentes zonas de una misma muestra. La aparición temprana de patinación contempla la aparición de manchas blanquecinas en la muestra (Högberg y Olausson 2007). Otro tipo de pátina es la parda, normalmente producida por la oxidación de la superficie de la muestra.

Muchos autores defienden que la pátina blanca se produce en las muestras en contacto o enterradas en suelos alcalinos, debido a que la solubilidad del cuarzo se ve incrementada cuanto más altos son los niveles de pH del suelo (Luedtke 1992, Högberg y Olausson 2007).

Actualmente, la Dra. Debora Olausson, los doctores Anders Scherstén y Tomas Naeraa de la Universidad de Lund (Suecia), el Dr. Anders Högberg de la Universidad de Linnaeus (Kalmar, Suecia) y yo misma estamos colaborando en la realización de un estudio sobre la posible alteración geoquímica que sufren las muestras al patinarse. Mediante la técnica del ICP-MS-LA y la comparación de sus resultados en muestras patinadas y sin patinar pretendemos establecer los posibles efectos geoquímicos de la patinación. Moroni y Petrelli (2005) ya comprobaron con esta técnica que Mn, Co, Ni, Fe, V y Zn eran elementos que podían enriquecerse en el proceso de patinación.

Además, en esta misma tesis, en los futuros apartados dedicados a la Espectroscopía micro-Raman y al ICP-MS-LA (ver caps. 8.3.2 y 8.3.4), dedicamos unas líneas a la comparación de

los resultados obtenidos para el análisis geoquímico de dos zonas de una misma muestra, la zona de la matriz limpia y la zona de la matriz patinada.

Aunque hallamos muestras patinadas en los dos yacimientos, el caso más espectacular es el de las muestras de l'Hort de la Boquera ya que más del 90% del total presenta algún grado de patinación, normalmente, profunda y afectando a la casi totalidad de superficie (fig. 180).

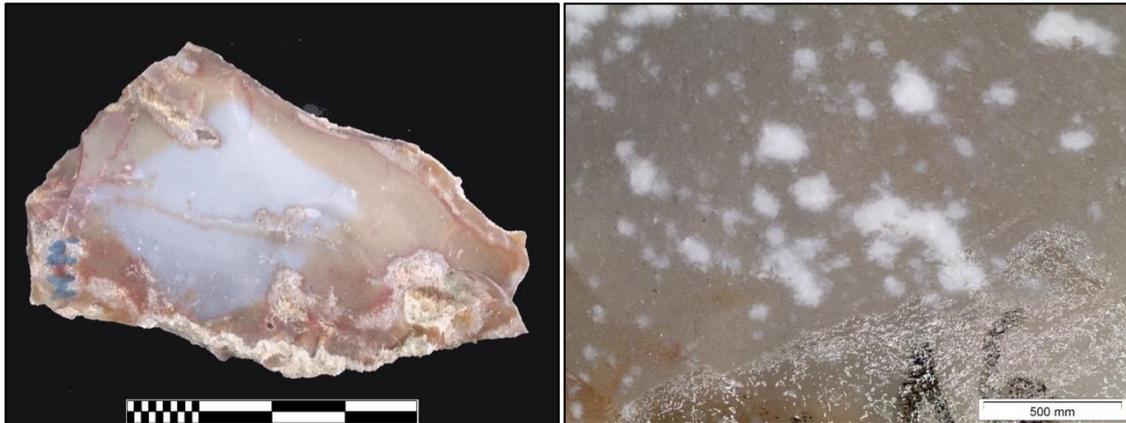


Fig. 180. Izquierda: superposición de pátina blanca total y pátina amarilla de zonación concéntrica observada en la muestra geológica procedente de Mas de les Monges. Cada partición corresponde a 1cm. Derecha. Muestra retocada (A2) de sigla "HB98.H5.16" (procedente de l'Hort de la Boquera) que muestra los primeros síntomas de patinación en forma de motas blancas blancas. Muestra de mano y lupa binocular (500 μm).

- **Tipo 2 o de carofitas:** Éste es de grano fino a grueso; los clastos, mal seleccionados, son de origen biológico y se hallan en un porcentaje superior al 30%: restos de tallo y oogonios de algas carofíceas del género *Gyrogona* (Dr. Martín-Closas, com. pers.), confiriendo una gran heterogeneidad a las muestras. Su textura heredada correspondería a un *Wackestone* y se aprecian microestructuras sedimentarias como los anillos *Liesegang* y un bandeo que puede ir de tenue a profundo. Es un material opaco, mate y de color que oscila entre 2,5 YR (4/1) *Dark reddish grey* a 7,5 YR (6/1) *grey*. Por sus características micropaleontológicas su origen se clasificaría como lacustre. La calidad para la talla sería “buena”. El Tipo 2 agrupa 18 retocados (1,84 % del total), 21 restos de talla (0,08 % del total) y ningún núcleo (fig. 181).

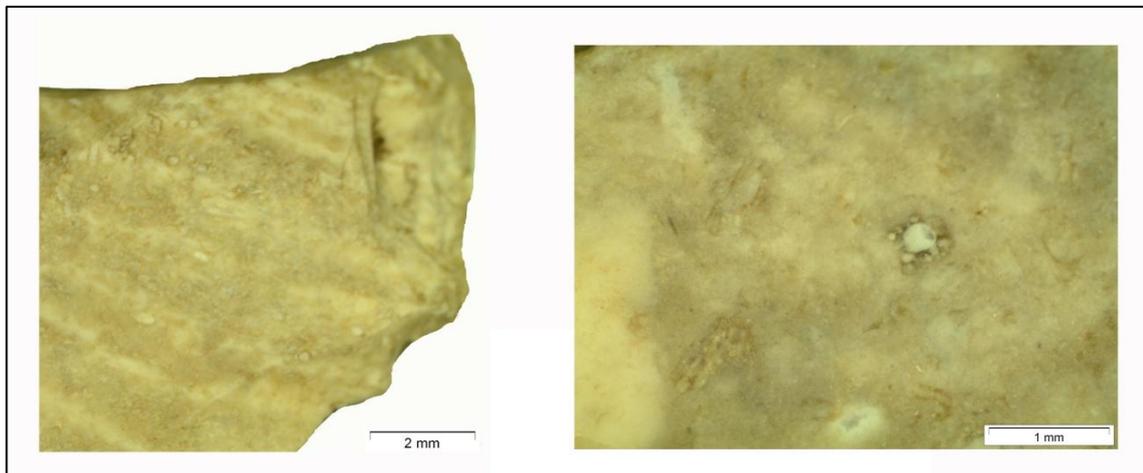


Fig. 181. Lámina de dorso de sigla "HB01.G5.1999" clasificado como Tipo 2 dónde se pueden apreciar claramente los restos algales y el bandeo rítmico. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).

- **Tipo 3 o sílex negro:** éste es de grano muy fino a grueso; los clastos, bien seleccionados, pueden ser tanto de origen litológico como biológico y se hallan en un porcentaje inferior al 10%: pseudomorfos romboidales de Ca/Do, restos de tallo y oogonios de algas carofíceas del género *Gyrogonia* (Dr. Martín-Closas, com. pers.). Su textura heredada correspondería a un *Mudstone* y en ocasiones puede hallarse ligeramente laminado. Es un material semiopaco, de brillo graso y de color 7,5 YR (4/1) *Dark grey*. Por sus características, micropaleontológicas y mineralogía, su origen se clasificaría como lacustre. La calidad para la talla sería “muy buena”. El Tipo 3 agrupa 4 retocados (0,40 % del total), 19 restos de talla (0,07 % del total) y ningún núcleo (fig. 182).

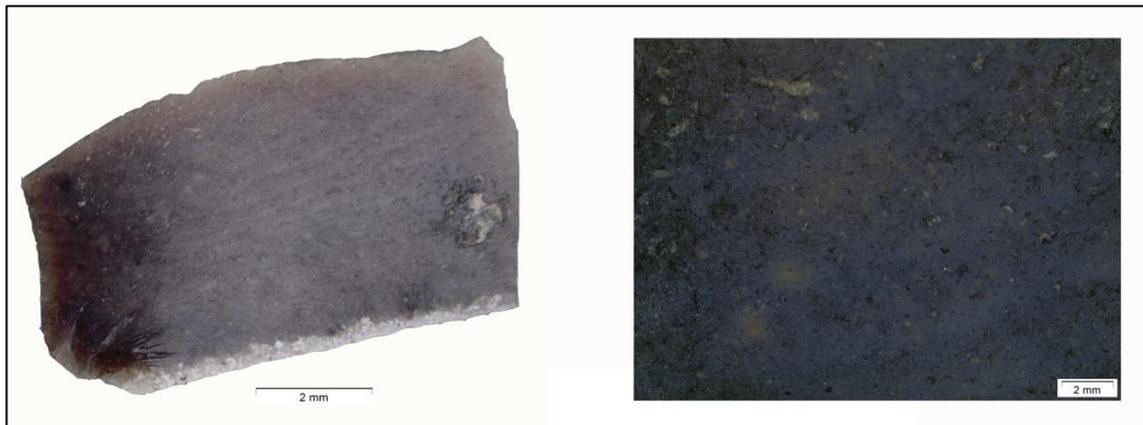


Fig. 182. Muestra con sigla "HB 2013.H8.179" (resto de talla); se observa un leve laminado y se ha clasificado como sílex Tipo 3. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).

Para facilitar la comprensión y hacer una síntesis de las conclusiones de este análisis, presentamos a continuación un cuadro resumen de los tipos de sílex discriminados en el análisis macroscópico textural (tabla 11) así como dos cuadros resumen del número total de muestras retocadas y restos de talla en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado (tabla 12 y 13).

VARIEDAD	SUBVARIEDAD	COLOR	TEXTURA O T. HEREDADA	TAMAÑO GRANO	CLASTOS (BIO/LITO)	CÓRTEX	ORIGEN
Tipo 1	1	Versicolor	Cristalina	Fino	Pseudomorfos romboidales, lenticulas de yeso, minerales opacos (óxidos metálicos, etc.)	Arenisca, arcillas, yeso	Continental de reemplazamiento de evaporitas
	2	Granate		Muy fino			
Tipo 2		Beige	<i>Wackestone - Packstone. Bandedo</i>	Fino a grueso	Carofitas Gyrogona (tallos y oogonios)	No hallado	De reemplazamiento de calizas lacustres
Tipo 3		Negro	<i>Wackestone</i>	Muy fino a medio	Restos bioclásticos inidentificables (posibles relictos algales), pseudomorfos romboidales	Caliza margosa	De reemplazamiento de calizas lacustres

Tabla 11. Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características macroscópicas principales para el abrigo de l'Hort de la Boquera.

RESTOS DE TALLA					
VARIEDAD		%	CÓRTEX	%	
Tipo 1	1	24008	99,58	3519	14,59
	2	60	0,24	17	28,33
Tipo 2		21	0,08	0	0
Tipo 3		19	0,07	1	5,26
TOTAL		24108	100	3535	14,66

PIEZAS RETOCADAS					
VARIEDAD		%	CÓRTEX	%	
Tipo 1	1	950	97,33	190	20
	2	4	0,40	2	50
Tipo 2		18	1,84	2	11,11
Tipo 3		4	0,40	0	0
TOTAL		976	100	194	19,87

Tabla 12 y Tabla 13. Tablas resumen de muestras retocadas (izquierda) y restos de talla (derecha) en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado.

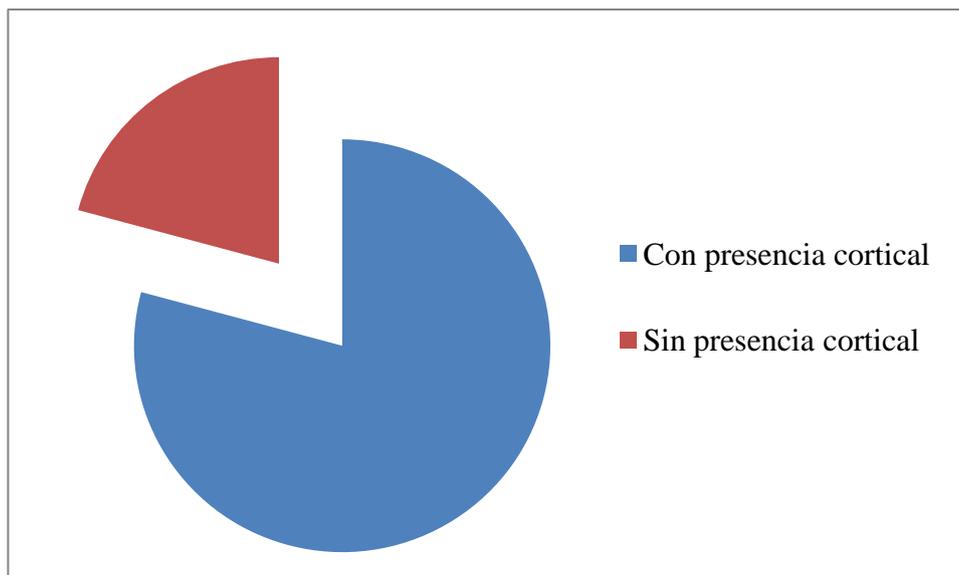
### 8.1.1.2. Corticalidad de la industria lítica

El estudio de los núcleos contribuye a entender las formas de su introducción en el yacimiento, pudiéndose diferenciar si han llegado sin ningún tipo de preparación, en forma de nódulo, o bien si han llegado modificados previamente (Román 2003).

En números absolutos tan sólo un 14,66% del total de los restos de talla conservan parte del córtex original y un 19,87% sobre el total de muestras retocadas.

- **Tipo 1-1:** el porcentaje de piezas retocadas con restos de córtex de este tipo asciende al 20% y es del 14,59% de los restos de talla del mismo. Un total de 213 núcleos (79,18 % del total) conservan parte del córtex (cuyos restos oscilan entre el 10 al 90%). La corticalidad es elevada, dato que concordaría con una configuración de los núcleos en el mismo yacimiento.
- **Tipo 1-2:** el porcentaje de piezas retocadas con restos de córtex de este tipo es del 50 % y el 28,33 % de los restos de talla del mismo. La corticalidad es extremadamente baja; hay que tener en cuenta que al ser esta variedad parte de la variabilidad del sílex del Tipo 1, tal y como hemos visto anteriormente, la casi nula corticalidad de estas muestras podría explicarse porque la mota, incluida en una matriz del Tipo 1-1, hubiese estado localizada en una parte no adyacente al córtex de la pieza. No se pueden concluir más datos al respecto.
- **Tipo 2:** tan sólo 2 retocados (11,11%) del tipo y ningún resto de talla conservan parte del córtex original y tampoco se ha podido recuperar ningún núcleo con presencia de córtex hasta el momento. Este tipo venía ya tallado al yacimiento en forma de lasca o lámina.
- **Tipo 3:** ningún retocado y tan sólo 1 resto de talla (5,26 %) del tipo conserva parte del córtex original. Tampoco se ha podido recuperar ningún núcleo con presencia de córtex hasta el momento. Este tipo venía ya tallado al yacimiento en forma de lasca o lámina.

Se han analizado el total de núcleos y fragmentos de núcleo hallados en el yacimiento, los cuales ascienden a 269, revelando que el 100% de los mismos pertenece al Tipo 1 variedad 1. Por lo tanto en relación a la corticalidad de los mismos señalaremos que (ver gráfica 1):



Gráfica 1. Gráfica que ilustra la relación de núcleos recuperados del Tipo 1-1 y su presencia cortical.

Es difícil asociar una sola causa al fenómeno de la ausencia de núcleos, para determinados tipos pero siempre es un dato interesante que nos sugiere hasta cuatro posibles hipótesis:

- Los hipotéticos núcleos estarían aun enterrados en una zona no excavada del abrigo. Hipótesis muy poco probable debido a la extensión excavada, así como a la cantidad de años de trabajo que l'Hort de la Boquera acumula en su extensa historia de excavaciones.
- Los pobladores de l'Hort de la Boquera se desplazaban hasta los afloramientos de dichas variedades, configuraban *in situ* los núcleos y transportaban al yacimiento tan sólo las láminas o lascas como producto de dicha talla. Estas láminas o lascas podrían ser de utilidad como material de viaje utilizándolas en momentos de necesidad y la recuperación de dichos núcleos sería por lo tanto imposible. Hipótesis muy poco probable también debido a las largas distancias que habría que recorrer.
- Una tercera hipótesis sobre la ausencia de núcleos es que los mismos pobladores se los llevaran consigo cuando se abandonaba el yacimiento, teniendo la posibilidad de poder aprovechar la materia prima en otro asentamiento. Para poder afirmar esta hipótesis nos basaríamos en el hallazgo de numerosos restos del proceso de manutención del núcleo, hecho que indica que sí se tallaban en el yacimiento, pero no disponemos de ese tipo de evidencias para los tipos 2 y 3 en el abrigo.

- Una última hipótesis es que dichas láminas y lascas pudiesen ser un producto de algún tipo de intercambio con pobladores de otros asentamientos. Dicha variedad podría ser valorada de un modo especial, bien por su escasez, sus características, o bien por alguna virtud atribuida, hecho que nos inclinaría a pensar que fuera objeto de intercambio entre comunidades.

#### 8.1.2. Características texturales microscópicas de cada tipo

El análisis microscópico se ha realizado sobre un total de 7 muestras arqueológicas (todas procedentes de material no retocado de diversos cuadros), las cuales han sido transformadas en lámina delgada para tal efecto. Así pues, las muestras escogidas pertenecen a las siguientes variedades: 4 muestras se clasifican como Tipo 1, 3 correspondientes a la variedad 1 y 1 a la variedad 2, 2 clasificadas como Tipo 2 y 1 correspondiente al Tipo 3 o sílex negro.

Todas las características sobre el análisis están expuestas en el anterior capítulo 7 "Metodología".

- **Tipo 1-1:** presenta una matriz microcristalina de cristales anhedrales de microcuarzo de extinción ondulante, pudiendo contener hasta un 30% de esferulitas de calcedonia de gran tamaño (pudiendo alcanzar casi 1 mm de diámetro) así como abanicos de cuarzo fibroso aislados; y su textura es cristalina. Contiene diferentes litoclastos que se pueden hallar tanto en la matriz como en el córtex a veces superando el 50% del total de la muestra como: óxidos metálicos (hematites u otros), yeso fibroso y/o lenticular (normalmente pseudomorfo) y materia orgánica incluida. Otros minerales como los minerales de las arcillas se hallan exclusivamente en el córtex. El análisis conjunto de la textura y inclusiones confirma un ambiente de formación continental evaporítico (fig. 183).

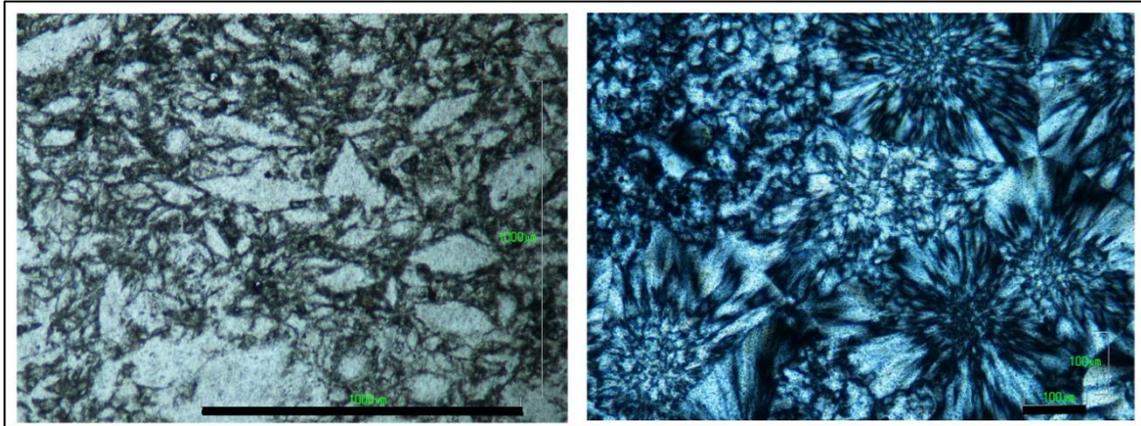


Fig. 183. Izquierda: gran cantidad de pseudomorfos de lentículas de yeso silicificadas hallados en el córtex de la muestra, "HB09. J5.1487", clasificada como Tipo 1-1. Escala de 1000 µm. Derecha: gran abanico o mosaico de cristales fibrosos formando la matriz de la muestra "HB09. J5.1504". Microscopio óptico (luz paralela y nícoles cruzados, 100 µm.)

- **Tipo 1-2:** presenta una matriz criptocristalina de cristales anhedrales de microcuarzo de extinción ondulante y su textura es cristalina. Los litoclastos no son abundantes pero cuando se hallan -la mayoría óxidos- la muestra aparece "teñida"; en ocasiones hallamos yesos polimícticos aislados. El análisis conjunto de la textura y inclusiones líticas confirma un ambiente de formación continental de reemplazamiento de evaporitas (fig. 184).

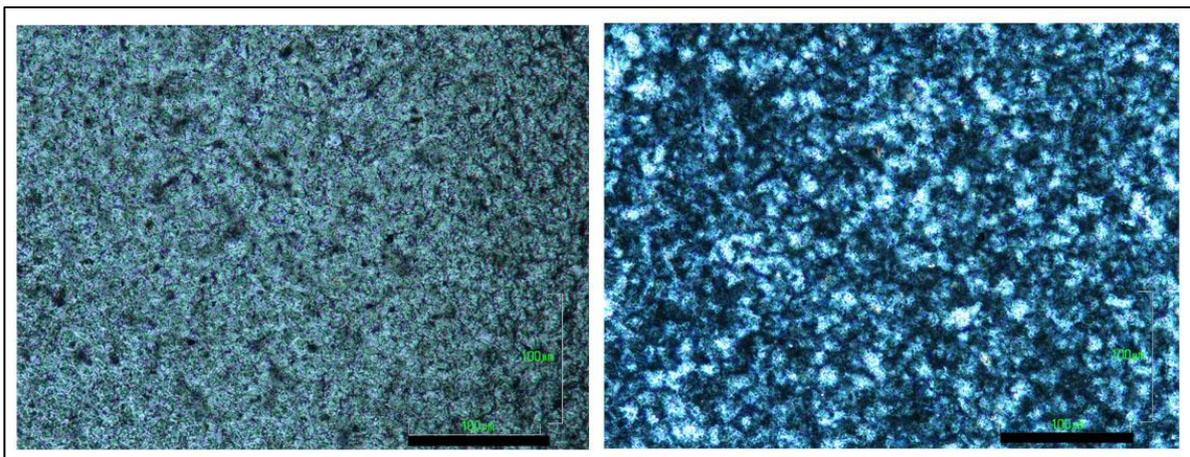


Fig. 184. Izquierda: zona de matriz formada por criptocuarzo y zona de la matriz formada por microcuarzo, las dos instantáneas pertenecen a la muestra "HB12.H8.446", clasificada como Tipo 1-2. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).

- **Tipo 2:** presenta una matriz criptocristalina de cristales anhedrales de extinción ondulante; pudiéndose hablar claramente de una textura heredada *Wackestone* (alrededor de un 10% clastos incluidos) por la presencia de restos algales diferenciados (carofitas del género *Gyrogona*), tanto oogonios (de diámetro de casi 1 mm) como restos de tallo, algunos incluso con cierto grado de deformación (debido con casi total seguridad al proceso de silificación posterior). Su ambiente de formación original es de reemplazamiento de calizas. Este tipo aún presenta parte del carbonato original de la muestra que no ha sido reemplazado por la sílice - observado tanto en matriz como en bioclastos - por lo que se deduce que su roca caja original y por consiguiente su origen fuera calcáreo (fig. 185).

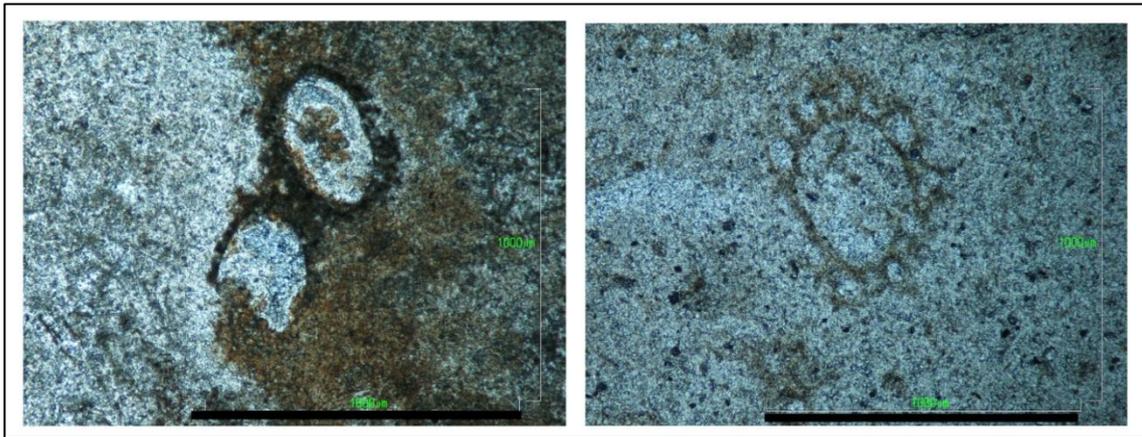


Fig. 185. Izquierda: "HB01.G5.1999", muestra arqueológica donde se observan restos algales de carofita incluidos en la matriz, particularmente en un frente de reemplazamiento de carbonato por la sílice. Derecha: "HB05.I6.1797", resto de tallo de carofita bien conservada. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1000  $\mu$ m).

- **Tipo 3:** presenta una matriz criptocristalina de cristales anhedrales de extinción ondulante; pudiéndose hablar claramente de una textura heredada *Mudstone* (<10% clastos) por la presencia de restos carbonatados y moldes de fósiles indeterminados, cristales romboidales de Ca/Do y algunas formas oxidadas indeterminadas. Su ambiente de formación sería posiblemente de reemplazamiento de calizas a falta de otros datos que confirmasen otro origen. El córtex se encuentra aun carbonatado (fig. 186).

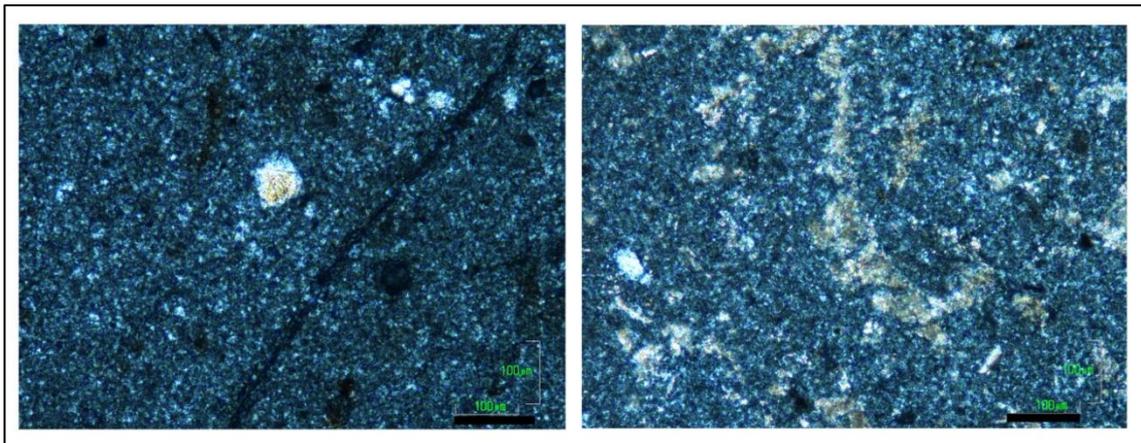


Fig. 186. Izquierda: cristal romboidal de Ca/Do. Derecha: Restos de carbonato no silificado, incluido en la matriz. Ambas imágenes se corresponden con la muestra "HB13.H8.179". Microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).

Para facilitar la comprensión y hacer una síntesis de las conclusiones de este análisis, presentamos a continuación un cuadro resumen de los tipos de sílex discriminados en el análisis microscópico textural (tabla 14).

VARIEDAD	SUBVARIEDAD	TEXTURA O T. HEREDADA	M. DE LA SÍLICE	LITOCLASTOS	BIOCLASTOS	CÓRTEX	OBSERVACIONES
Tipo 1	1	Cristalina	Cuarzo (micro/criptocristalino, Calcedonia)	Pseudomorfos romboidales, lenticulas de yeso (o pseudomorfos), materia orgánica	-	Arenisca, arcillas, yeso	Sílex calcedónico
	2	Cristalina		Oxidos metálicos, yesos polimícticos			
Tipo 2		<i>Wackestone</i>	Cuarzo (criptocristalino)		Carofitas género Gyrogona (tallos y oogonios)	No hallado, posible caliza	Presenta carbonato original no reemplazado
Tipo 3		<i>Mudstone</i>	Cuarzo (criptocristalino)	Cristales romboidales Ca/Do	Restos bioclásticos ind. y aun carbonatados	Caliza	Presenta carbonato original no reemplazado

Tabla 14. Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características microscópicas principales para el abrigo de l'Hort de la Boquera.

### 8.1.3 Interpretación de los resultados

El análisis microscópico ha expuesto una serie de datos que hablan sobre el origen y los ambientes de formación de los tipos de sílex 1, 2 y 3 hallados en el yacimiento del abrigo de L'Hort de la Boquera. Analizando los resultados de la combinación de los estudios macroscópicos y microscópicos podemos plantear una serie de afirmaciones al respecto.

Por un lado, el Tipo 1 de origen relacionado con el reemplazamiento de evaporitas continentales presenta dos variedades cromáticas las cuales no tienen distintos puntos de afloramiento (recordemos la gran variabilidad que tiene el sílex, aun procediendo de una misma formación). Sólo se pudo llegar a esta conclusión cuando el análisis de muestras estaba realmente muy avanzado, y casi por la casualidad de encontrar tan sólo 2 ejemplares con dichas motas de diferente color y textura (ver fig. 179).

Por otro lado, se ha observado que los Tipos 2 y 3, ambos de origen por reemplazamiento de calizas lacustres, texturalmente son muy parecidos a excepción de la concentración y porcentaje de los bioclastos, sobre todo restos algales (carofitas del género Gyrogona), hallados

en el Tipo 2 (*Wackestone*) tanto macroscópica como microscópicamente, pero casi relictos en el Tipo 3 (*Mudstone*), sólo confirmados macroscópicamente. Además, esta proporción de bioclastos es inversamente proporcional a la concentración de cristales romboidales de Ca/Do hallados en Tipo 3 y no en Tipo 2. Otra diferencia es el tamaño de grano, más fino en el Tipo 3 y el brillo, mate para el Tipo 2 y graso para el Tipo 3. Dichas diferencias son sutiles y requieren de gran observación pero no olvidemos que las analíticas complementarias - que veremos más adelante - aportan información adicional que motiva y nos inclina a pensar que dichos tipos si son realmente variedades diferentes. Somos conscientes, por otro lado, de otros factores que entran en juego, como por ejemplo, la poca muestra recuperada en el yacimiento de dichas variedades, dificultando la labor de discriminación.

#### 8.1.4 Primeras conclusiones derivadas del análisis macroscópico del sílex. Relación Variedad – Soporte/Tipología

En este apartado se pretende deducir si existe o no relación alguna entre los diferentes útiles líticos y los tres tipos y cuatro variedades de sílex halladas. Tres de estas cuatro variedades de sílex identificadas se han definido por sus características texturales con una aptitud para la talla como “buena”. A partir de la clasificación tipológica de los materiales se ha procedido a cuantificar el número de piezas de una misma variedad y se han definido dos tipos de relaciones, la primera: variedad-tipo de soporte retocado y la segunda: variedad-tipo de útil.

##### 8.1.4.1. Relación Variedad-Soporte

Han sido analizados los cuatro tipos de soporte que se utilizaron para la fabricación de piezas retocadas (t=976): lasca, fragmento de lasca, lasca fragmentada y fragmento. En la tabla 15 podemos observar el tanto por ciento tallado de cada variedad para cada tipo de soporte.

Recordemos que la variedad más utilizada para la confección de útiles retocados es el Tipo 1-1 (97,33 %), seguido de: Tipo 2 (1,84 %) y tipos 1-2 (0,40 %) y 3 (0,40 %).

El Tipo 1-1 es la variedad que se desmarca de las demás, con el 97,34% sobre el total de soportes. Un total del 97,23% de las lascas, la casi totalidad de lascas fragmentadas (99,09), el 96,71% de fragmentos de lasca y el 97,37% de los fragmentos han sido tallados en dicha variedad.

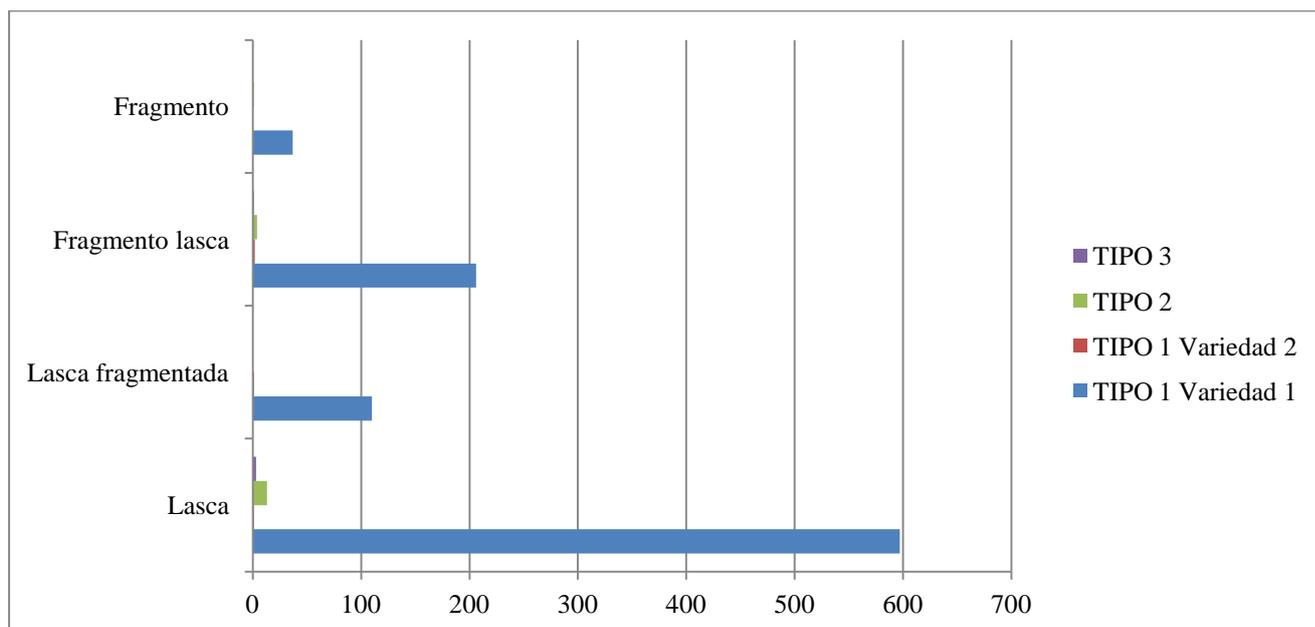
El Tipo 2, con un total del 1,84 % de soportes tallados, contiene un 2,13% sobre el total de lascas talladas, un 1,88 % sobre el total de fragmentos de lasca y 1 sólo fragmento.

Las variedades 1-2 junto al Tipo 3 son las variedades más pobremente utilizadas, detentando sólo el 0,41 % de soportes respectivamente sobre el total. La diferencia entre ellos es que el Tipo 3 triplica en número de lascas (3) al tipo 1-2 (1) pero se trata de una muestra tan pequeña que dicha diferencia es insignificante.

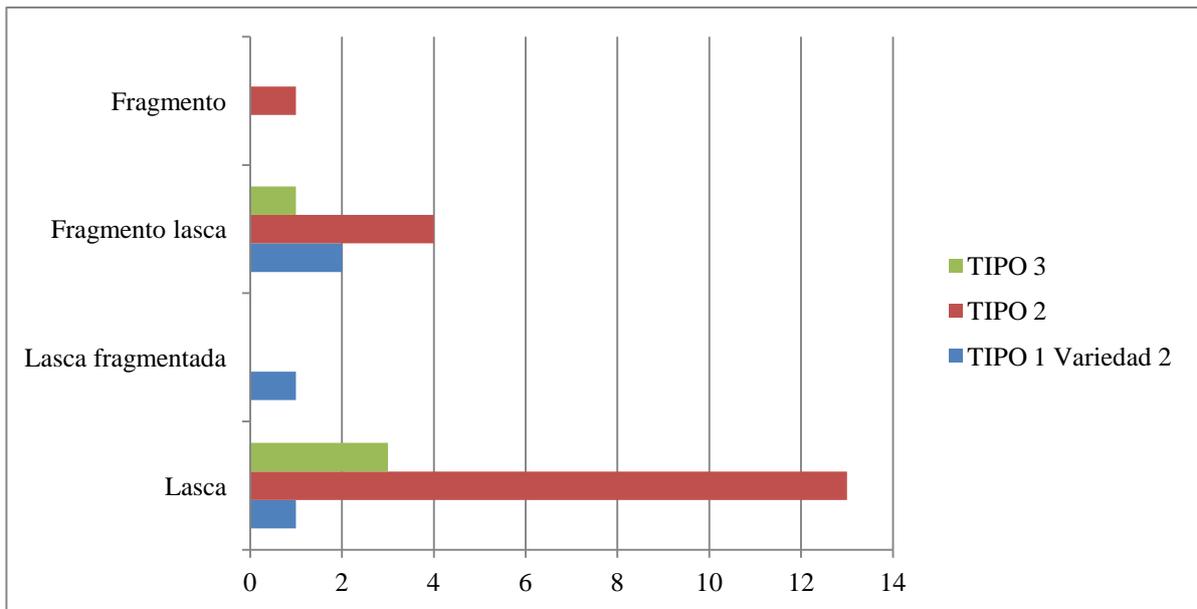
La ausencia de núcleos y la escasez de lascas entre los materiales no retocados de estas tres últimas variedades (Tipo 1-2, 2 y 3), podría indicar que la fabricación de los soportes se realizaría en otro lugar (tabla 15, gráfica 2, gráfica 3).

VARIEDADES DE SILEX										
SOPORTE	TIPO 1				TIPO 2		TIPO 3		Totales	
	1		2							
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Lasca	597	97,23	1	0,16	13	2,13	3	0,48	614	62,91
Lasca fragmentada	110	99,09	1	0,91	0	0,00	0	0,00	111	11,37
Fragmento lasca	206	96,71	2	0,94	4	1,88	1	0,47	213	21,82
Fragmento	37	97,37	0	0,00	1	2,63	0	0,00	38	3,90
	950	97,34	4	0,41	18	1,84	4	0,41	976	100,00

Tabla 15. Relación Variedad- Soporte en piezas retocadas.



Gráfica 2. Relación variedad de sílex – soporte.



Gráfica 3. Relación variedad de sílex - soporte; detallada para las variedades 1-2, Tipo 2 y Tipo 3.

#### 8.1.4.2. Relación Variedad-Tipo de útil

Un total de 950 útiles retocados han sido manufacturados en el Tipo 1-1, tan sólo 4 útiles retocados han sido manufacturados en el Tipo 1-2, 18 útiles retocados han sido manufacturados en el Tipo 2 y por último 4 útiles retocados han sido manufacturados en Tipo 3.

La tendencia vista anteriormente para el análisis de tipo de soporte con la variedad de sílex continua en este nuevo análisis. La supremacía del Tipo 1-1 contrasta con la casi anecdótica presencia de útiles tallados en otras variedades. El Tipo 1-1, utilizado para la talla de toda suerte de útiles y las variedades claramente minoritarias, los Tipos 1-2, 2 y 3.

La variedad 1-2 con la única presencia de dos raspadores (uno de ellos doble), un buril y una punta de dorso tallados y el Tipo 3 con un elemento de dorso, un denticulado y dos raspadores son las variedades menos representadas; con tan sólo 4 efectivos tallados respectivamente. No podemos obtener una conclusión al respecto con tan pocos datos.

El Tipo 2, algo más numeroso en cuanto a número de artefactos (18), cuenta con 5 elementos de dorso, 7 raspadores, 3 truncaduras, 2 buriles (uno de ellos doble) y 1 denticulado.

Es evidente que la comunidad de l'Hort de la Boquera utilizaba fundamentalmente el Tipo 1-1 para la talla de su industria lítica, manufacturando todo tipo de útiles domésticos donde raspadores y elementos de dorso (láminas y puntas) destacan en número sobre los demás útiles. Se abarcando un amplio rango tecnotipológico (García-Argüelles 1983, García-Argüelles y Fullola 2006, García-Argüelles *et al.* 2014a y 2014b) incluyendo raederas, perforadores, truncaduras, denticulados, buriles, abruptos indiferenciados y compuestos.

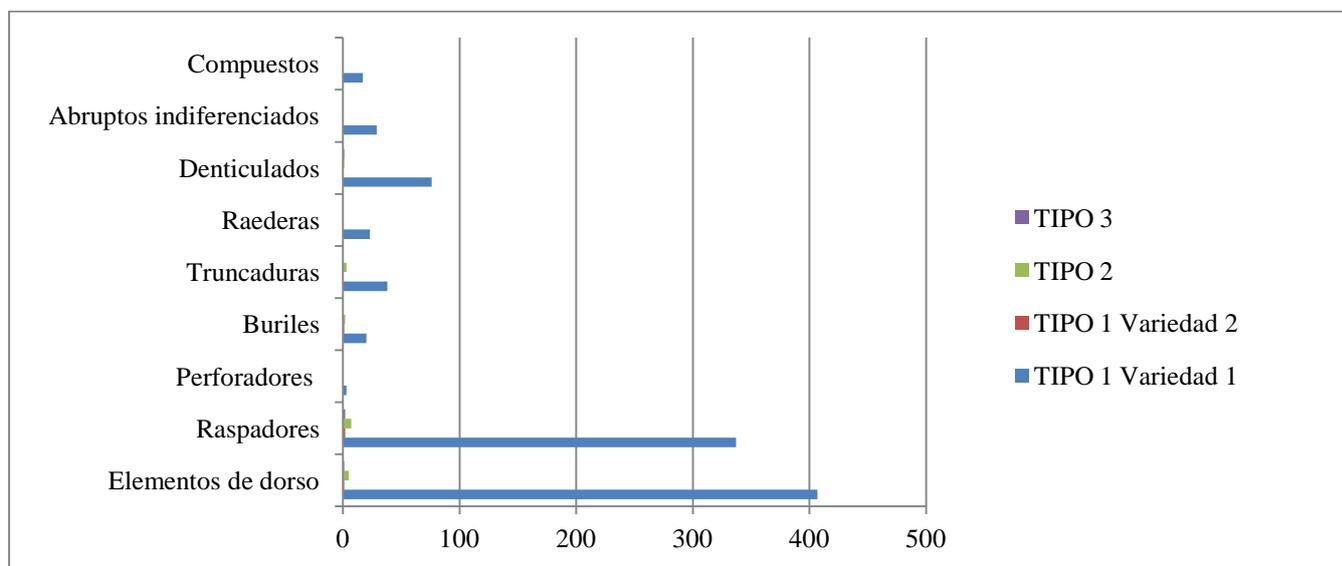
Los tipos 1-2 y 3, de comportamiento muy similar y escaso número de efectivos, han sido empleados en la manufactura de 4 tipos de útil respectivamente, aunque destacan los raspadores.

Destaca el Tipo 2 con un más amplio rango de útiles recuperados. En conclusión, todos estos datos parecen indicar un uso distinto de las diversas variedades de sílex que hemos definido (tabla 16, gráfica 4, gráfica 5):

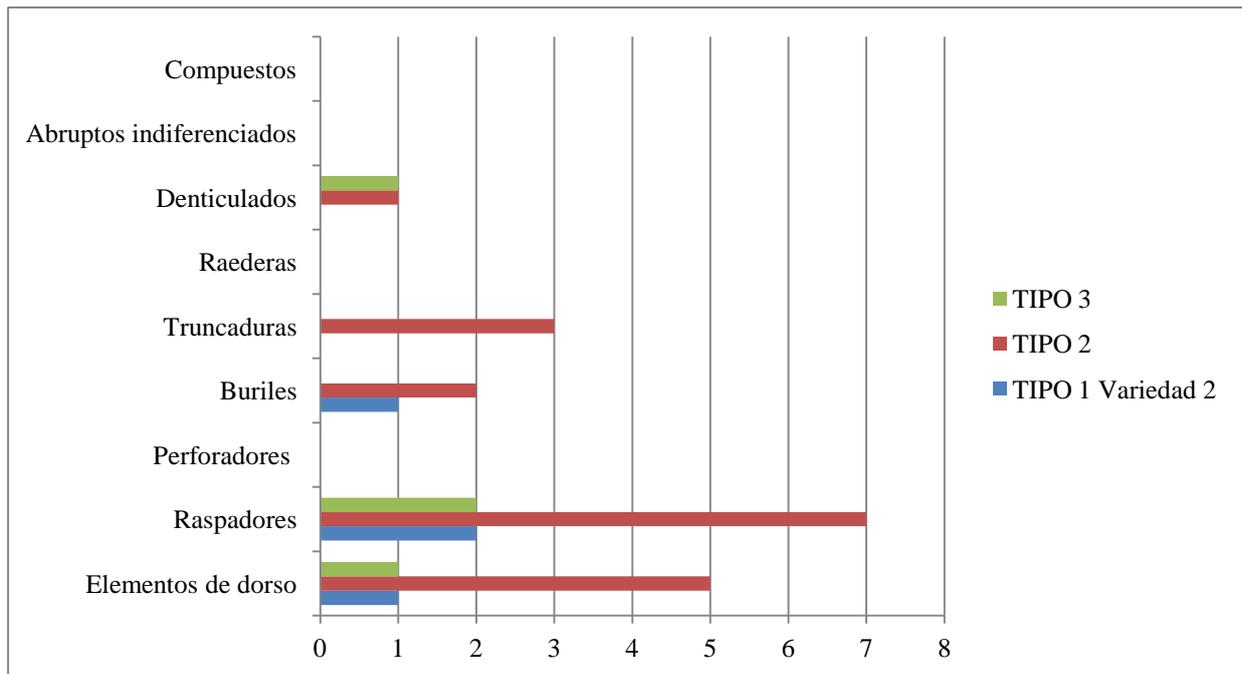
- **El Tipo 1-1**, que fue utilizado para la fabricación de toda suerte de útiles, siendo posiblemente su objetivo prioritario la elaboración de útiles domésticos así como de proyectiles. La gran abundancia de la materia prima y su relativa proximidad al asentamiento jugaron un papel determinante para su aprovechamiento.
- **El Tipo 1-2**, con tan sólo la recuperación de 4 útiles, dos raspadores (uno de ellos doble), un buril y una punta de dorso, su carácter podría ser doméstico o simbólico. Se trata de una variedad de muy buena calidad, coloración peculiar pero de difícil hallazgo (recordemos que se presenta en forma de motas incluidas en el Tipo 1-1) y extracción muy laboriosa de la misma matriz silícea.
- **El Tipo 2**, de aspecto diferente del resto y textura bandeada/laminada, aunque incluida en las variedades minoritarias es la más cuantiosa y utilizada para la elaboración de útiles domésticos. Muy posiblemente su llegada al yacimiento se realizó bajo forma de soporte ya tallado. Destacan los raspadores (38,88%) y elementos de dorso (27,78%) tallados en dicho tipo.
- **El Tipo 3**, de coloración oscura y calidad muy buena, presenta un uso y abundancia similar al 1-2, con tan sólo 4 útiles de carácter doméstico. Muy posiblemente su llegada al yacimiento se realizó bajo forma de soporte ya tallado.

ÚTIL	VARIEDADES DE SÍLEX									
	TIPO 1				TIPO 2		TIPO 3		TOTAL	
	1		2							
	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Elementos de dorso	407	42,84	1	25,00	5	27,78	1	25,00	414	42,42
Raspadores	337	35,47	2	50,00	7	38,88	2	50,00	348	35,66
Perforadores	3	0,32	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	0,30
Buriles	20	2,11	1	25,00	2	11,11	0	0,00	23	2,35
Truncaduras	38	4,00	0	0,00	3	16,67	0	0,00	41	4,20
Raederas	23	2,42	0	0,00	0	0,00	0	0,00	23	2,35
Denticulados	76	8,00	0	0,00	1	5,56	1	25,00	78	8
Abruptos indiferenciados	29	3,05	0	0,00	0	0,00	0	0,00	29	2,97
Compuestos	17	1,79	0	0,00	0	0,00	0	0,00	17	1,75
<b>TOTAL</b>	<b>950</b>	<b>100,00</b>	<b>4</b>	<b>100,00</b>	<b>18</b>	<b>100,00</b>	<b>4</b>	<b>100,00</b>	<b>976</b>	<b>100,00</b>

Tabla 16. Relación variedad – tipo de útil.



Gráfica 4 . Relación variedad – tipo de útil.



Gráfica 5. Relación variedad de sílex - tipo de útil; detallada para las variedades 1-2, Tipo 2 y Tipo 3.

8.1.5. Origen y posibles áreas de captación de recursos: estudio comparativo entre las variedades de sílex discriminadas para las muestras arqueológicas y las variedades de sílex geológico

Tal y como se ha explicado en el capítulo 7.1. "Prospecciones relacionadas con el yacimiento del abrigo de L'Hort de la Boquera y descripción de las muestras recuperadas", el análisis arqueopetroológico de los materiales del yacimiento se han completado con los trabajos de contextualización geológica y geográfica de las áreas-fuente silíceas potenciales, tanto a través del análisis de la cartografía geológica de la región, con múltiples prospecciones sobre el terreno así como con la consulta de varias colecciones de referencia.

El análisis de campo se ha efectuado en un radio de hasta 85 km, desarrollando así un exhaustivo y sistemático trabajo sobre el terreno a corta, media y larga distancia del yacimiento, para obtener una idea de conjunto y global del entorno geológico y la disponibilidad de afloramientos de sílex. En total se han visitado y recogido muestras de 27 puntos de afloramiento de rocas silíceas.

Se han seleccionado 16 muestras procedentes de las prospecciones que al ser caracterizadas macroscópicamente, microscópicamente así como mediante otras técnicas complementarias

han desvelado algunas incógnitas sobre la procedencia de algunas de las materias primas utilizadas por los pobladores del abrigo de l'Hort de la Boquera.

En este capítulo y para no hacerlo demasiado extenso, nos hemos ceñido a la exposición de las características proporcionadas por las técnicas básicas de discriminación arqueopetrográfica-macroscopía y microscopía óptica- pero a su vez, para las conclusiones que aquí nos atañen, se han tenido en cuenta también los resultados que las analíticas complementarias nos han brindado. A continuación sólo se explicará qué formaciones han estado descartadas para la explotación prehistórica y cuales sí han sido potencialmente objetivo de dicha explotación por parte de los grupos humanos del abrigo. Las características científicas que han determinado este descarte las hallaremos en el capítulo 8.3 dedicado a las analíticas complementarias.

Veamos pues a continuación como se relacionan los tipos descritos con las variedades de los afloramientos geológicos:

**Tipo 1:** este tipo, con dos variedades cromáticas descritas, 1-1 y 1-2, tiene sus paralelos en algunos afloramientos visitados. Gracias al extenso trabajo de campo, se ha constatado que existen múltiples puntos de afloramiento de este tipo de sílex continental de reemplazamiento de evaporitas de idénticas o semiidénticas características macroscópicas: Fm Montsant (incluyendo los 4 niveles diferentes de conglomerado con sílex asociado: Cabacés I, Cabacés II, Cabacés III, Albarca Conglomerat), Complejo Ulldemolins (incluyendo los 7 niveles diferentes de yeso con sílex asociado: nivel de yesos A, B, C, D, E, F y G), Fm Valldeperes (Yesos de Vilaverd, Yesos de Lilla) , Fm Pira (Yesos de Pira, Yesos dels Prats y Yesos de Sarral ) y Fm Blancafort.

Veamos a continuación qué puntos de afloramiento han sido descartados y cuales finalmente fueron los potencialmente implicados para l'Hort de la Boquera.

Aunque los puntos de afloramiento de la Fm Cabacés són los más cercanos a l'Hort de la Boquera (el más cercano se encuentra a tan sólo 8 km del abrigo), son 3 los factores decisivos para descartar su explotación. Por un lado, la dificultad extractiva del mismo, al estar incluidos en un conglomerado, su extracción requiere de herramientas adecuadas y de un gran esfuerzo, el cual tampoco se ve recompensado por la escasez de materia prima. Este afloramiento se hubiera agotado al poco tiempo de ser explotado.

La Fm del Muschelkalk fue descartado por su baja calidad y las Fm Valldeperes (Yesos de Vilaverd, Yesos de Lilla) , Fm Pira (Yesos de Pira, Yesos dels Prats y Yesos de Sarral ) y Fm Blancafort han sido descartadas porque creemos que su considerable distancia al abrigo no se vería correspondida con otros beneficios, como por ejemplo en relación a un aumento de calidad de la materia prima (para más información ver cap. 8.3).

De este modo, la materia prima silíceo utilizada para la manufactura de la industria lítica de l'Hort de la Boquera procede de los diferentes puntos de afloramiento del Complejo Ulldemolins (fig. 187), situados en un radio de unos 20 km del abrigo, tanto primarios (7), como secundarios (1). La explicación en este momento para el aprovisionamiento y captación de materia prima va a ser global para el conjunto del Complejo, pero veremos más adelante en el capítulo 8.3.4, dedicado al análisis por Geoquímica, y en un intento por discriminar dichos afloramientos qué resultados se han obtenido.

A continuación ahondaremos en qué estrategia de abastecimiento y captación de materias primas silíceas podrían haber utilizado los cazadores-recolectores de l'Hort de la Boquera.

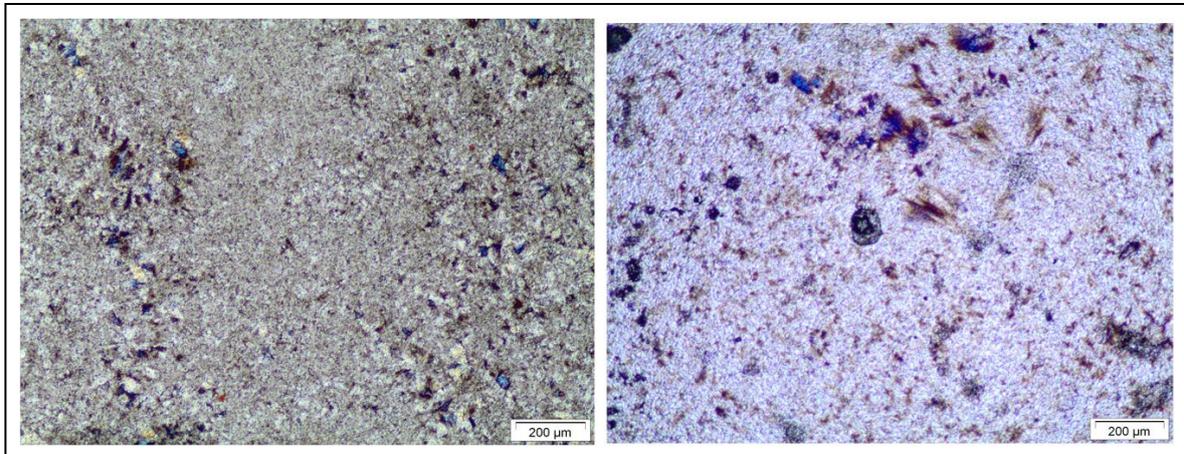


Fig. 187. Comparación textural de muestras: Ulldemolins (A) como muestra geológica (izquierda) y "HB09-J5-1504" como muestra arqueológica (derecha), donde observamos la misma matriz de microcuarzo con abanicos de cuarzo fibroso aislados.

Aunque el desplazamiento hasta dichos punto de afloramiento podría realizarse perfectamente a pie en un día (según la distancia y la orografía del terreno se han calculado unas 9 horas entre ir y volver), una hipótesis que cuenta con razones de peso es que los pobladores del abrigo no se desplazaban, sino era estrictamente necesario, para la recolección de materia prima silíceo. La

base que apoya esta hipótesis es la teoría del menor gasto energético, ya que el mismo río Montsant traía consigo nódulos de tamaños considerables a los alrededores del yacimiento.

Creemos firmemente que, en muchas ocasiones la captación era directa, recogiendo los nódulos silíceos del lecho del Río Montsant, que se halla a escasos 100 metros del yacimiento (fig. 188) ya que el río atraviesa dicha formación evaporítica arrastrando con él el material lítico.

Varios estudios anteriores (García-Argüelles *et al.* 1993) ratifican la existencia de nódulos silíceos en las terreasas del río Montsant. Además en varias prospecciones realizadas en la campaña de excavaciones del abrigo en 2013 se hallaron nódulos silíceos de diversos tamaños *in situ* en el lecho del río, llegando incluso a recuperar grandes riñones de un peso de hasta 2 kg.



Fig. 188. Fotos de las prospecciones realizadas en dos puntos distintos del lecho del Río Montsant (julio, 2013).

Difícilmente alguna vez se podrá saber la frecuencia de explotación de los afloramientos primarios o secundarios, en todo caso, las evidencias de la procedencia del sílex Tipo 1-1 son claras y se puede afirmar que su explotación fue recurrente.

El origen del Tipo 1-2 no se tuvo claro hasta bien avanzado el análisis de la industria lítica, por lo que previamente se había barajado otra alternativa al mismo. El material silíceo proporcionado por el punto de afloramiento de Bellmunt d'Urgell (Fm Serra Llarga) tenía cierta similitud macroscópica - un color rojo intenso y grano muy fino - pero la conjunción de analíticas complementarias (ver cap. 8.3) y el hallazgo casi simultáneo de dicha variedad en forma de enclaves en el Tipo 1-1 hizo descartar categóricamente esta opción.

Una vez aclarado su origen es evidente que dichos enclaves de color granate intenso y gran calidad no pasaron desapercibidas por parte de la comunidad del abrigo. Aprovechando la naturaleza caprichosa del sílex, los talladores explotaron estos "accidentes silíceos" más bien escasos en la medida de lo posible. Es de suponer que los recolectores de sílex del abrigo buscaban a propósito dichas singularidades y cuando los hallaban, aprovechaban al máximo su potencial para la talla de útiles.

Un estudio traceológico de los útiles retocados en dicha variedad podría aclararnos ciertas dudas sobre si dichas piezas fueron realmente utilizadas como utensilios, o si solo tuvieron un uso o valor simbólico-estético.

**Tipo 2:** esta variedad de sílex se caracteriza básicamente por el porcentaje elevado de elementos bioclásticos - algas carofíceas- aun con restos del carbonato original preservados en su matriz silíceo (fig. 189). Los afloramientos de Ballobar (Huesca) prospectado por nosotros - y Puente de Candasnos (Huesca) (Fuente: Lithic UB) son los que muestran unas características de mayor similitud con dicha materia prima. Se trata de afloramientos lejanos respecto al abrigo (unos 75 km).

El punto de afloramiento de La Fatarella, a pesar de formar parte de la misma formación y además, localizarse bastante más cerca del abrigo, ha sido descartado por ciertas características discriminantes que se explicarán en el cap 8.3.

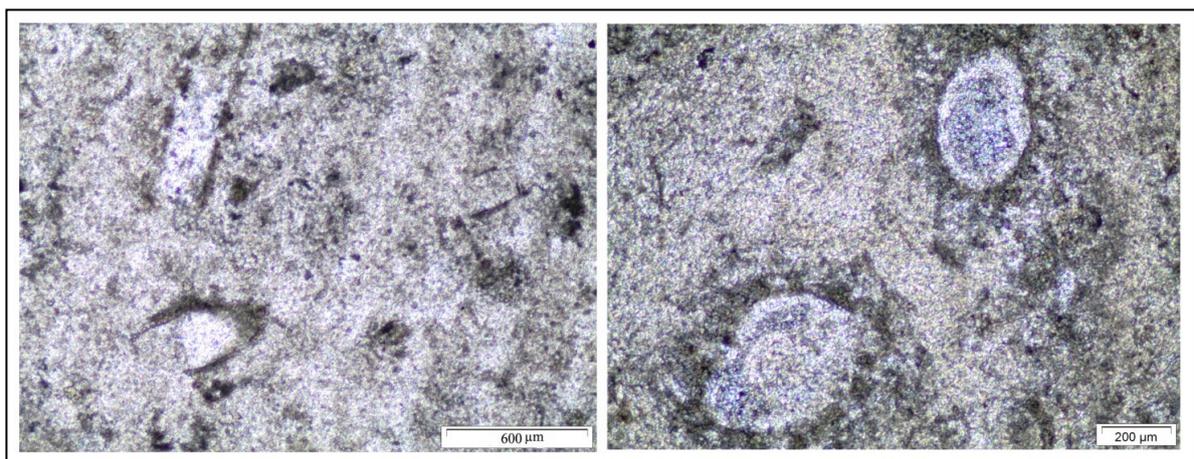


Fig. 189. Comparación entre muestras. Izquierda: muestra "12030604" del fondo de la litoteca Lithic UB procedente del punto de afloramiento Puente de Candasnos y muestra arqueológica "HB.G5.1999".

Ballobar y Puente de Candanos se caracterizan por proveer una materia prima silíceá bastante abundante, de gran variabilidad, hallada tanto en depósitos primarios como secundarios por lo que su extracción podría llegar a ser fácil, situación ideal para los recolectores de la misma.

La no recuperación de núcleos de este tipo y el muy reducido número de lascas (21) halladas en el yacimiento nos obliga a pensar en diferentes estrategias de aprovisionamiento y captación de las materias primas líticas, que abordaremos conjuntamente y por similitud de situación, con el último tipo de sílex documentado, el Tipo 3.

**Tipo 3:** este tipo, caracterizado por ser oscuro, de brillo graso y contener algunos restos carbonáticos, se asemeja mucho a los variedades oscuras halladas en varios de los afloramientos de la Fm Serra Llarga (fig. 190). Castelló de Farfanya y Algerri, situados a unos 75 km del abrigo, son dos puntos de afloramiento susceptibles de ser los proveedores de dicho tipo al yacimiento. Este material ha provisto de materia prima a otros yacimientos del Paleolítico superior como la Cueva del Parco (Mangado 1998, 2006a; Fullola *et al.* 1999), situada en el valle del Segre.

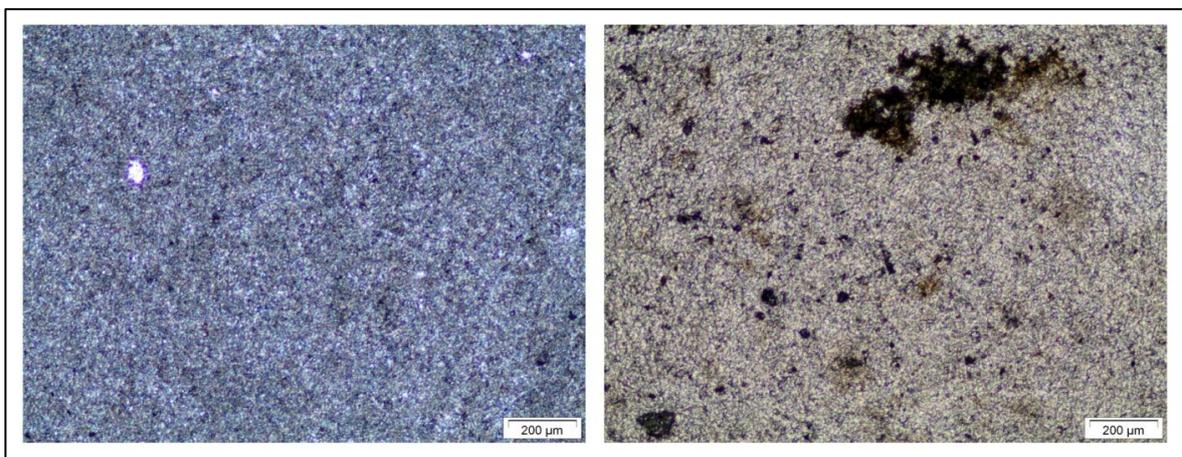


Fig. 190. Muestra geológica procedente de Castelló de Farfanya (nícoles cruzados, 200 µm) (izquierda) en comparación con muestra arqueológica "HB13.H8.179" (luz paralela, 200 µm) (derecha), clasificadas como sílex Tipo 3.

Al igual que el Tipo 2, la no recuperación de núcleos de este tipo en el abrigo así como el número tan reducido de lascas recuperadas (19), puede inclinarnos a pensar que la materia prima también llegaba al yacimiento en forma de lasca o lámina tallada, bien porque los núcleos se trabajaban *in situ* en el afloramiento, o bien estas lascas o láminas formaban parte de un intercambio con otras comunidades más cercanas a dichos afloramientos.

Existe aún otra explicación para el hallazgo del Tipo 2 y Tipo 3 en el abrigo y es que no debemos olvidar, tal y como hemos explicado anteriormente para el Tipo 1-1, la posibilidad del transporte natural de nódulos de sílex a través de los cursos fluviales y sus afluentes, pudiendo efectuarse una captación directa en el margen del río Ebro, o en sus terrazas, tanto actuales como antiguas. Tal y como el Tipo 1-1 se halla actualmente en el margen del río Montsant se han encontrado evidencias de otros tipos de sílex, en forma de pequeños nódulos acorticales debido al largo transporte sufrido, en otras terrazas cuaternarias, esta vez, del río Ebro. Existen variados ejemplos de estudios como el de Peña *et al.* (2005) en el que se relacionan varios niveles de las terrazas cuaternarias del río Femosa (Artesa de Lleida - Puigverd de Lleida) con una decena de yacimientos adscritos al Paleolítico inferior y medio, gracias a la recuperación de industria lítica en sílex, cuarcita y cuarzo. García-Argüelles y Fullola (2002), relacionan las terrazas del río Set con el yacimiento de la Bauma de la Peixera d'Alfès (Segrià), asignando dichas terrazas como puntos directos de captación y aprovisionamiento de materias primas.

Los nódulos de sílex de la Fm La Serra Llarga podrían ser transportados a través del Segre y el Ebro, para finalmente sedimentarse en terrazas.

Por su parte, los nódulos de la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca podrían viajar a través del curso fluvial del río Alcanadre, de ahí pasar al río Cinca para más tarde ser transportados al río Segre y finalmente acabar en el río Ebro.

De esta manera podríamos relacionar el transporte de nódulos de sílex hasta el río Ebro y sus afluentes (directos o indirectos) y su posterior sedimentación en terrazas con la captación de los sílex de Tipo 2 y 3.

Las evidencias de estas afirmaciones las hallamos en las terrazas cuaternarias del río Ebro localizadas en Flix (a 30 km del abrigo). Tal y como se ha explicado anteriormente en el capítulo 7.1 dedicado a las prospecciones (fig. 148), se muestra que actualmente, en la antigua terraza del río Ebro emplazada en la población de Flix, se localizan también nódulos de sílex de distintos tipos. En este caso, nuestra prospección halló un par de nódulos de este sílex tipo *Mudstone* de color gris y de grano muy fino. Sin poder precisar su procedencia si se puede confirmar que no se corresponde con ningún tipo de sílex local. Este hecho corrobora que mediante la erosión del cauce alto de cualquier río y su posterior desplazamiento a través de él,

el sílex u otras materias primas pueden ser desplazadas decenas, incluso centenares de km, desde su posición primaria aportando pequeños nódulos mayoritariamente acorticales.

#### 8.1.6. Conclusiones

El análisis macroscópico de 976 piezas retocadas, 24108 restos de talla y 269 núcleos y fragmentos de núcleo ha permitido establecer, hasta el momento, 3 tipos y 4 variedades distintas de sílex con características texturales propias y bien definidas. La variedad mayoritaria, el Tipo 1, es de origen evaporítico, dato que concuerda con la búsqueda bibliográfica realizada y con los resultados obtenidos de las prospecciones. Tal y como avanzamos anteriormente, y gracias al análisis realizado, se puede hablar de contextualización geológica del Tipo 1-1 y 1-2, pudiéndolas localizar en todos los puntos de afloramiento del Complejo Ulldemolins (incluso a nivel geoquímico, tal y como se vera en el capítulo 8.3.4) situados en un radio regional (unos 20 km del abrigo). Este conjunto de afloramientos es el que ha proporcionado el sílex Tipo 1-1, tratándose de la variedad más abundante recuperada en el yacimiento. La existencia de este gran conjunto de afloramientos de sílex de relativa cercanía al abrigo condicionaría el abastecimiento de los pobladores. Otro factor a tener en cuenta es, tal y como hemos remarcado anteriormente, los afloramientos secundarios de esta variedad, siendo éstos la opción menos costosa energéticamente. Se ha comprobado que el lecho del mismo río Montsant, transporta a día de hoy este tipo de materia prima en forma de cantos y riñones de dimensiones variables y en muchas ocasiones de tamaño considerable.

Gracias al trabajo de campo se ha podido conocer el terreno de primera mano, observando que el tipo de material silíceo que aflora en la zona adyacente al abrigo es del tipo evaporítico, de muy similares características al que aflora en el Complejo Ulldemolins. Es muy probable que los pobladores de l'Hort de la Boquera conocieran bien el territorio y que los otros afloramientos situados a media-larga distancia respectivamente (Facies del Muschelkalk<sup>16</sup>, Fm Pira, Fm Valldeperes, Fm Blancafort), los cuales proporcionan variedades muy similares (en algún caso de inferior calidad), fueran conocidos pero no explotados.

---

<sup>16</sup> Se ha documentado la explotación de la facies inferior del Muschelkalk en otros yacimientos como en la Balma del Gai (Moià, Barcelona) (Mangado *et al.* 2006b).

Por otro lado, determinados sílex geológicos comparables con el Tipo 2 - minoritario pero en segundo puesto en número de efectivos identificados en el yacimiento- han sido hallados a aproximadamente 75 km de distancia del abrigo de l'Hort de la Boquera, localizados en una formación calcárea intermitente pero de gran extensión, la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca. Maluquer de Motes (1955:10) ya describe la explotación de un sílex lacustre de coloración marronosa con acusada presencia de microfósiles en varios talleres de sílex emplazados en el norte de Aragón, Tarrío *et al.* (2013) y García-Simón y Domingo (2016) lo describen como sílex marrón de los Monegros.

Por último, los sílex geológicos comparables con el Tipo 3, a su vez el menos representado en el abrigo, también ha sido hallado a aproximadamente 75 km de distancia del yacimiento, esta vez localizados en dos puntos de afloramiento de la Fm Serra Llarga, en Algerri y en Castelló de Farfanya respectivamente. Aunque toda la Serra proporciona dicho material.

El análisis de la corticalidad de la industria lítica y de los propios núcleos ha aportado también una serie de datos importantes:

En el Tipo 1-1, que presenta un índice de corticalidad destacado, podemos presuponer el transporte de los nódulos completos hasta yacimiento, donde se procedía a su preparación y talla. El hecho que no contemos con núcleos de los Tipo 2 y 3, además de una cantidad irrisoria de soportes no retocados, podría relacionarse con una captación directa en afloramientos secundarios o indirecta de dichos recursos por intercambio con otras comunidades. Estas dos variedades podrían haberse utilizado para la talla de útiles de carácter simbólico, dada su escasez y belleza.

Finalmente, la observación general es que el abrigo contaba con una variedad mayoritaria de sílex para la talla de útiles (Tipo 1-1), captada directamente en afloramientos primarios o secundarios locales o regionales de manera recurrente, y hasta tres variedades accesorias, el Tipo 1-2, captado directamente en los mismos afloramientos que el primero, y los Tipos 2 y 3, de carácter extraregional y explotación puntual.

En todo caso, el hallazgo de diversos afloramientos de sílex y la discriminación de estos 3 tipos nos muestra que los pobladores del abrigo contaron con cierta diversidad de recursos abióticos

localizados entre el radio local y extraregional, hecho que les permitió la manufactura de toda suerte de útiles.

Veamos a continuación el mapa de afloramientos reales propuestos para la captación directa de materia prima lítica (fig. 191).

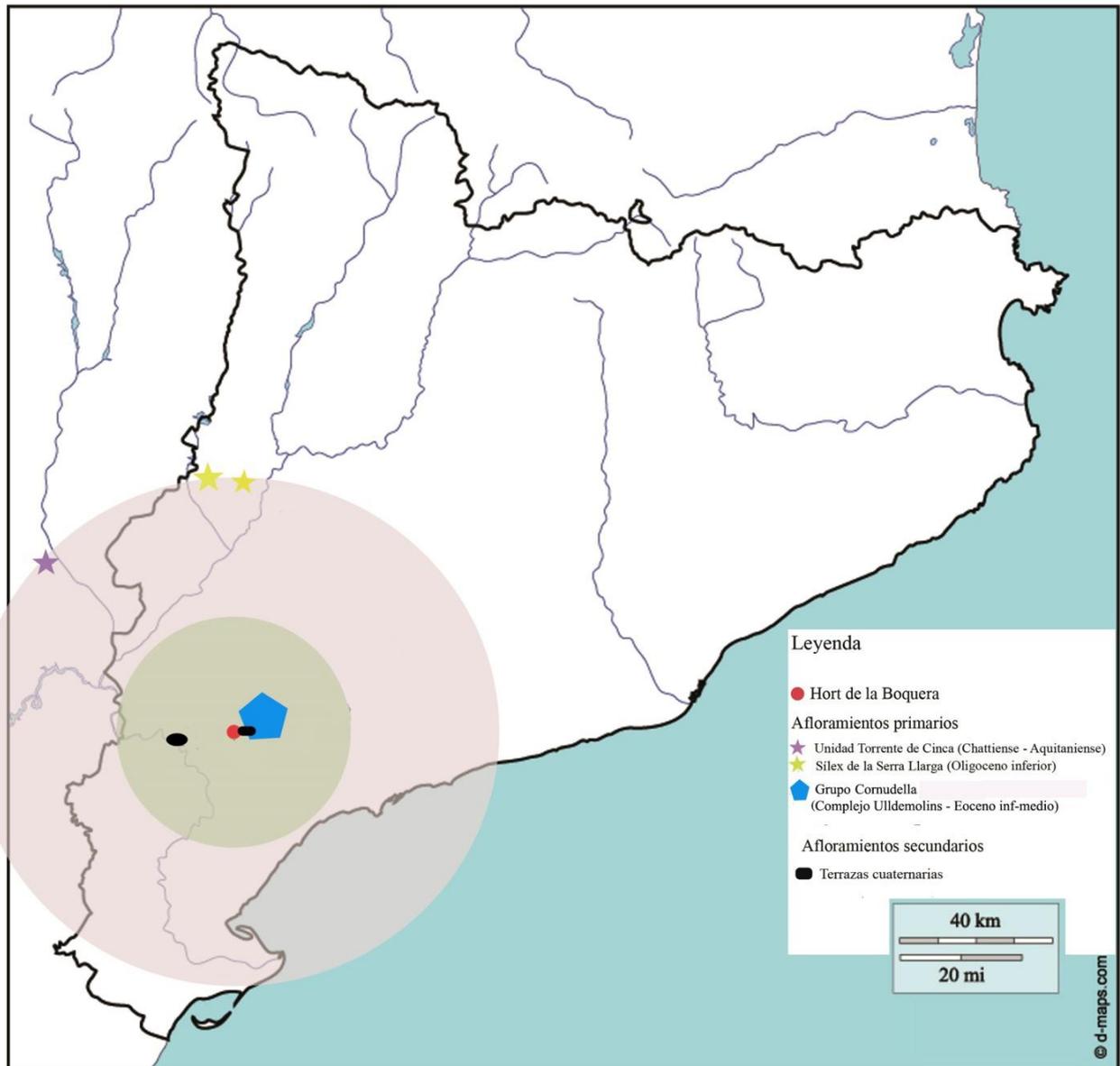


Fig. 191. Mapa de situación de radios concéntricos (20 km y 40 km) que relaciona el yacimiento de L'Hort de la Boquera con los afloramientos – primarios y secundarios- de material síliceo susceptible con el abastecimiento del mismo.

En este mapa se han incluido los puntos de afloramiento de formaciones susceptibles de haber sido explotadas y hubiese sido posible la captación y aprovisionamiento de material síliceo,

estos son: Complejo Ulldemolins (incluyendo todos sus puntos de afloramiento), Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca (Ballobar) y Fm La Serra llarga (Algerri y Castelló de Farfanya), como afloramientos primarios. Como afloramientos secundarios destacaremos las dos terrazas cuaternarias más cercanas al yacimiento y sus respectivos lechos de río, el río Montsant y el río Ebro.

## **8.2 Discriminación de las muestras relacionadas con el abrigo de La Roureda. Variedades de sílex determinadas**

Las muestras procedentes del abrigo de la Roureda nunca antes habían sido estudiadas desde un punto de vista arqueopetroológico, por lo que este estudio trata sobre una primera aproximación arqueopetroológica de dicho material con su consecuente clasificación en términos de materia prima silíceo.

### 8.2.1 Características texturales macroscópicas de cada tipo

El conjunto de restos analizado para este trabajo consta de 3.059 vestigios, entre los que se incluyen, además de todos los restos líticos mayores de 1 cm, las piezas retocadas (286) y los 20 núcleos recuperados.

El análisis se ha llevado a cabo tal y como se ha explicado en el capítulo 6 y para la discriminación de las variedades de sílex nos hemos basado en la conjugación de las características observadas en los distintos niveles de análisis obtenidos por las técnicas aplicadas. En este caso, el análisis macroscópico textural y el análisis microscópico (MO) han proporcionado los suficientes datos para la realización de la discriminación de variedades. A continuación presentamos los 4 tipos de sílex y sus variedades halladas en el yacimiento:

- **Tipo A:** Consta de un total de 153 piezas retocadas (53,50%) y 1.937 de restos de talla (70,35%). Presenta un grano muy fino y es extremadamente homogéneo (99% libre de clastos, y si los contiene corresponden a restos de algas carofíceas y/o gasterópodos, se trata pues de una textura heredada tipo *Mudstone*. Opaco, de brillo céreo y córtex calizo-margoso. Su origen se correspondería con un reemplazamiento de calizas de origen salobre/lacustre y según su aptitud a la talla se clasificaría como “de buena a muy buena”. Este tipo presenta dos variedades cromáticas, la *variedad I*, (en adelante

A-I) de color 10 YR (3/1) *Very dark grey* (86 retocados, 1.039 restos de talla y 10 núcleos) (fig. 192) y la *variedad II*, (en adelante A-II) de color 10 YR (5/3) *Brown*, translúcido (67 retocados, 898 restos de talla y un núcleo) (fig. 193).

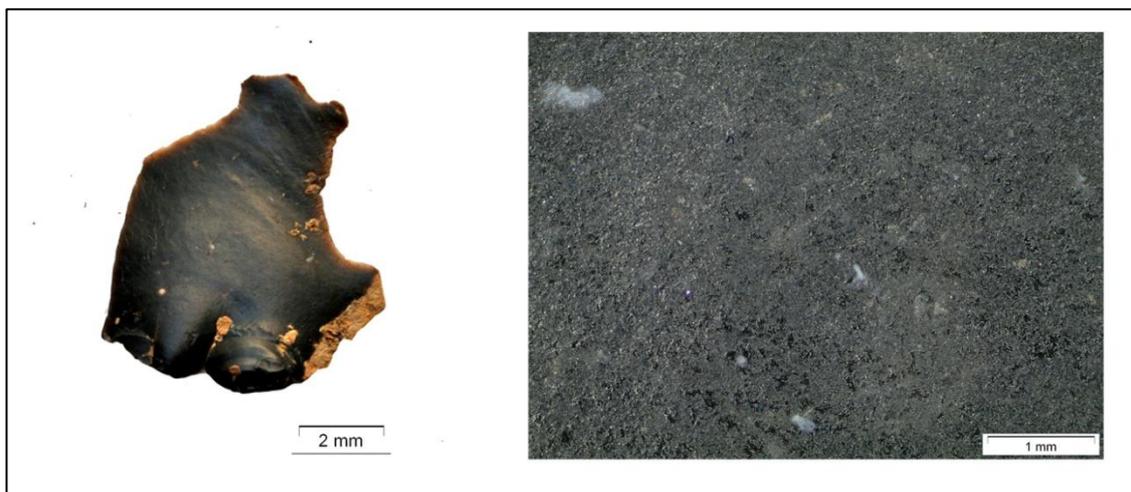


Fig. 192. Sílex tipo A variedad I, muestra arqueológica con sigla “2<sup>a</sup>” correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).

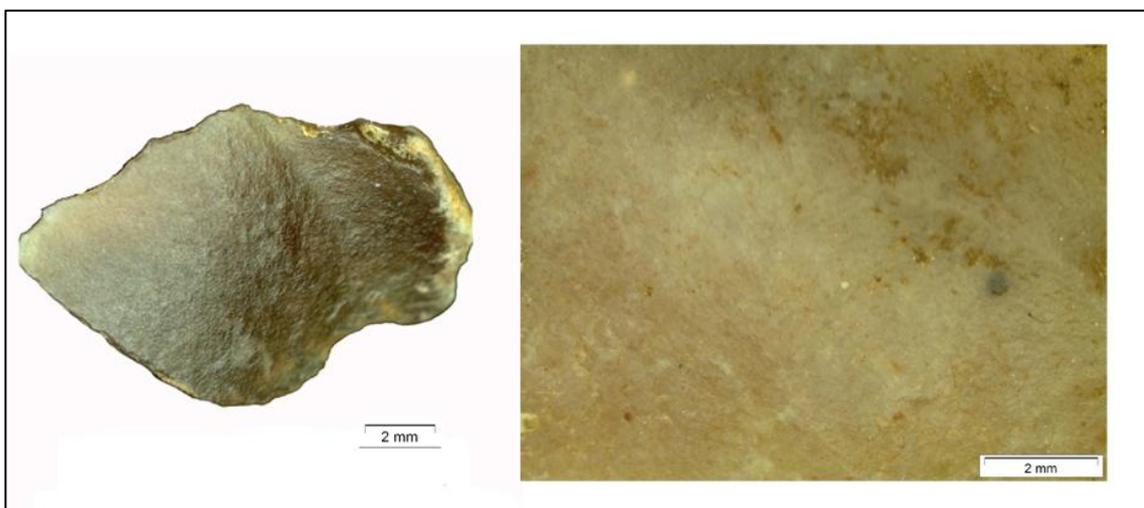


Fig. 193. Sílex tipo A variedad 2, lasca no retocada con sigla “C3C7-351”, correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).

- **Tipo B:** Éste es de grano fino a grueso; los clastos, mal seleccionados, son tanto de origen litológico como biológico y se hallan en un porcentaje superior al 40%: pseudomorfos romboidales de Ca/Do, restos de tallo y ogonios de algas carofíceas y gasterópodos enteros o fracturados, confiriendo una gran heterogeneidad a las muestras. Su textura heredada correspondería a una transición de *Wackestone* a *Packstone*. Es un material translúcido, de brillo vítreo y de color 7,5 YR (4/1) *Dark grey*. Por sus características, micropaleontológicas y mineralogía, su origen se correspondería con el reemplazamiento de calizas de origen salobre/lacustre. La calidad para la talla sería “mediocre a buena”. El tipo B agrupa 55 retocados, 262 restos de talla y cinco núcleos (fig. 194).

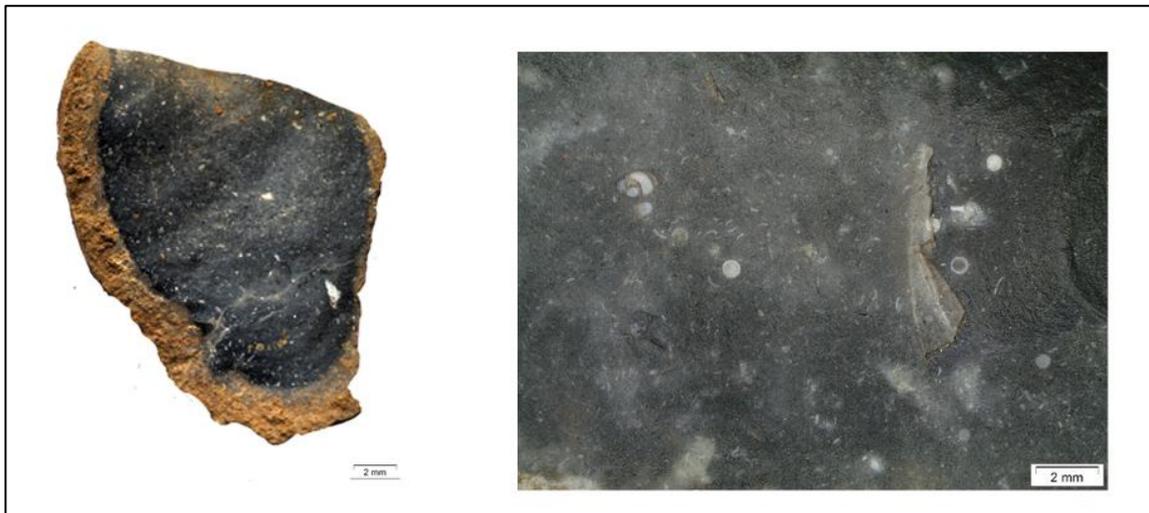


Fig. 194. Sílex tipo B, muestra arqueológica con sigla “1” correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano y lupa binocular.

- **Tipo C:** Presenta un grano de tamaño fino a medio, es azoico y exento de clastos, clasificándose de textura cristalina; de color 10 YR (8/1) *White* y translúcido-transparente cuando se observa al trasluz. Este tipo no contiene signos suficientemente discriminatorios como para asignarle un posible origen (¿continental?). Su calidad para la talla “de buena a muy buena”. Integra 12 retocados y 30 restos de talla (1,09%) No hay núcleos de este tipo (fig. 195).

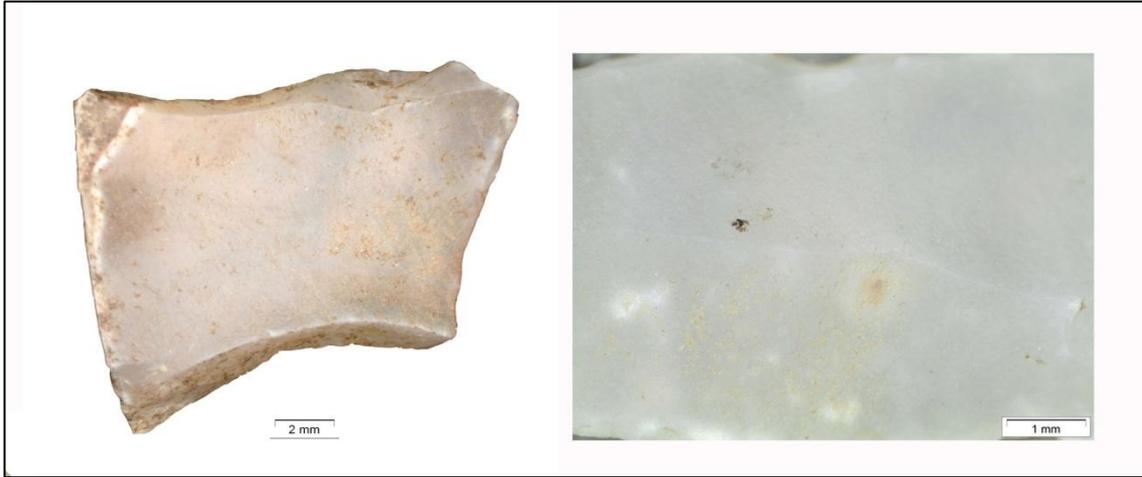


Fig. 195. Sílex tipo C, muestra arqueológica de sigla “4” correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).

- **Tipo D:** Presenta un grano de tamaño fino a medio, su textura heredada se clasifica como *Wackestone – Packstone*, bioclástica, mate, opaca y color 2.5Y (6/2) *Light Brown gray* (y moteado). Representado por 44 retocados y 116 restos de talla. Su origen es con casi total seguridad de reemplazamiento de calizas marinas. Su aptitud para la talla es “mediocre”. No hay núcleos de este tipo (fig. 196).

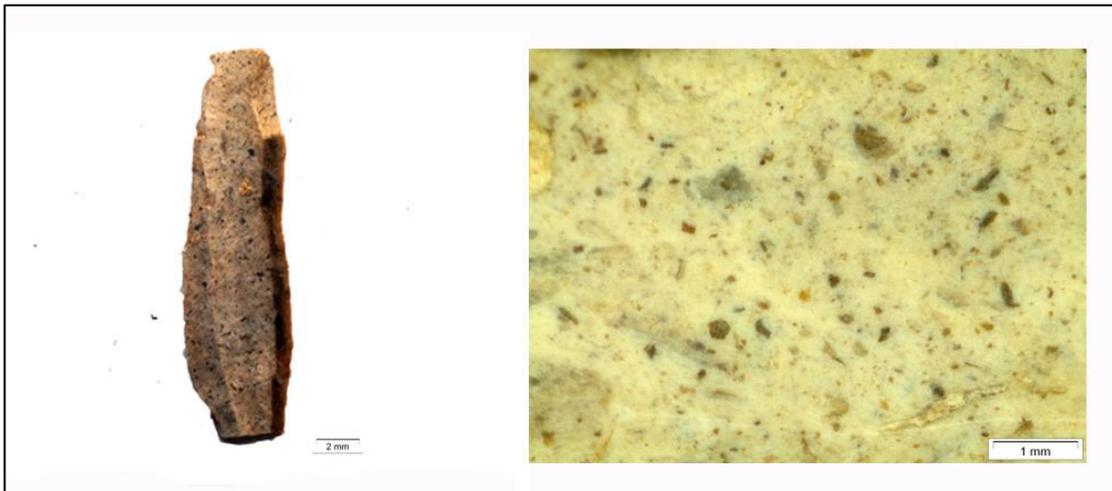


Fig. 196. Sílex tipo D, muestra arqueológica de sigla “5” correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).

Además contamos con 22 retocados, 408 restos de talla y cuatro núcleos inclasificables por su alto grado de patinación (fig. 197).



Fig. 197. Sílex clasificado como “patinado”, muestra arqueológica con sigla “71” correspondiente a resto de talla superficial. Lupa binocular (2 mm).

Para hacer una síntesis de las conclusiones de este análisis, presentamos a continuación un cuadro resumen de los tipos de sílex discriminados en el análisis macroscópico textural (tabla 17) así como dos cuadros resumen del número total de muestras retocadas y restos de talla en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado (tablas 18 y 19).

VARIEDAD	SUBVARIEDAD	COLOR	TEXTURA O T. HEREDADA	TAMAÑO GRANO	CLASTOS (BIO/LITO)	CÓRTEX	ORIGEN
Tipo A	I	Negro	<i>Mudstone</i>	Muy fino	Algas carofitas, gasterópodos	Caliza	Reemplazamiento de calizas lacustres/salobres
	II	Rubio					
Tipo B		Marrón oscuro	<i>Wackestone - Packstone</i>	Fino a grueso	Algas carofitas, gasterópodos, foraminíferos ind., pseudomorfos romboidales aislados (Ca/Do), prismas hexagonales de cuarzo detrítico.	Caliza	Reemplazamiento de calizas lacustres/salobres
Tipo C		Marfil	Cristalina	Muy fino	Azoico	No recuperado	Continental (¿?)
Tipo D		Marrón oscuro	<i>Packstone</i>	Fino a grueso	Gasterópodos, foraminíferos, bivalvos	No recuperado	Reemplazamiento de calizas marinas

Tabla 17. Tabla resumen de tipos de sílex discriminados en el análisis textural de las muestras procedentes del abrigo de la Roureda.

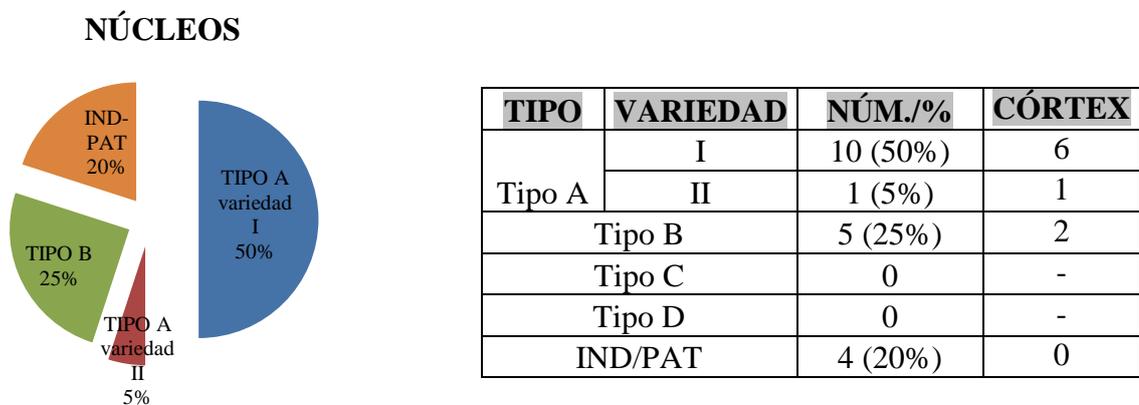
RESTOS DE TALLA					
VARIEDAD		%	CÓRTEX	%	
Tipo A	I	1.039	37,74	101	3,66
	II	898	32,61	66	2,39
Tipo B		262	9,51	13	0,47
Tipo C		30	1,09	0	0
Tipo D		116	4,22	4	0,14
Patinado		408	14,82	10	0,36
TOTAL		2.753	100	194	7,04

PIEZAS RETOCADAS					
VARIEDAD		%	CÓRTEX	%	
Tipo A	I	86	30,07	16	18,60
	II	67	23,43	4	5,97
Tipo B		55	19,23	2	3,63
Tipo C		12	4,20	0	0
Tipo D		44	15,38	0	0
Patinado		22	7,69	0	0
TOTAL		286	100	22	7,69

Tablas 18 y 19. Muestras retocadas (izquierda) y restos de talla (derecha) en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado.

### 8.2.1.1. Análisis macroscópico de los núcleos y corticalidad de la industria lítica

Se ha analizado el total de núcleos hallados en el abrigo, los cuales ascienden a 20, revelando que hasta el 50% de los núcleos pertenece al Tipo A variedad I (10), el 25% corresponde al Tipo B (5), el 5% corresponde al Tipo A variedad II (1) y el último 20% corresponde a núcleos patinados (4). Otro dato que se extrae del análisis macroscópico de los núcleos es el porcentaje de córtex hallado en los mismos (gráfica 6 y tabla 20). 11 núcleos carecen de córtex y en 9 se halla un porcentaje de córtex que oscila entre el 10% al 50%. Estos resultados nos permiten extraer algunas conclusiones:



Gráfica 6 y Tabla 20. Relación de núcleos según tipo de sílex y corticalidad.

- **Tipo A Variedad I:** el porcentaje de piezas con restos de córtex asciende al 18,60% para las muestras retocadas y para los restos de talla es del 3,66 %, datos que concordarían con una configuración de los núcleos en el mismo yacimiento, o sea, estos habrían llegado al yacimiento en forma de nódulo de materia prima para posteriormente ser preparados y configurados. La mitad de los núcleos recuperados (10) corresponde a este tipo y variedad. Un total de seis núcleos conservan aún parte del córtex.

- **Tipo A Variedad II:** Para la variedad II el porcentaje de piezas con restos de córtex asciende al 5,97 % para las muestras retocadas y es de 2,39 % para los restos de talla, datos que parecen indicar que los núcleos llegaban ya preparados al yacimiento. A pesar de ser la segunda variedad más utilizada para el retoque de piezas en el yacimiento tan sólo hemos recuperado un núcleo de este tipo que conserva aun parte del córtex.

- **Tipo B:** El porcentaje de piezas con restos de córtex asciende al 3,63 % para las muestras retocadas y para los restos de talla es del 0,47 %, datos que parecen indicar que los núcleos llegaban ya preparados al yacimiento. Se han recuperado un total de dos núcleos que conservan aún parte del córtex.

- Observamos que ni el **Tipo C** ni el **Tipo D** tienen representación alguna en este análisis. En el caso del Tipo C no se ha hallado córtex ni en muestras retocadas ni en restos de talla, datos que parecen indicar que los núcleos llegaban ya preparados al yacimiento. En el caso del tipo D ninguna pieza retocada mantiene restos de córtex y tan sólo el 0,14% de los restos de talla lo conserva. Es difícil asociar una sola causa al fenómeno de ausencia de núcleos, pero siempre es un dato interesante que nos sugiere hasta cuatro posibles hipótesis:

- La primera es que tratándose de un yacimiento de tamaño pequeño y con una superficie excavada muy limitada del mismo, sería acertado pensar que los hipotéticos núcleos estarían aún enterrados en una zona no excavada del abrigo.
- Otra posibilidad es que los pobladores de la Roureda se desplazaran hasta los afloramientos de dichas variedades, configuraran *in situ* los núcleos y transportaran al yacimiento tan sólo las láminas o lascas como producto de dicha talla. Estas láminas o lascas podrían ser de utilidad como material de viaje utilizándolas en momentos de necesidad y la recuperación de dichos núcleos sería por lo tanto imposible.
- Una tercera hipótesis sobre la ausencia de núcleos es que los mismos pobladores se los llevaran consigo cuando se abandonaba el yacimiento, teniendo la posibilidad de poder aprovechar la materia prima en otro asentamiento. Para poder afirmar esta hipótesis deberíamos encontrar algunos restos del proceso de manutención del núcleo, hecho que indicaría que sí se tallaban en el yacimiento. Se han recuperado hasta 77 piezas relacionadas con las fases iniciales de talla y de éstas, 20 se corresponden con el proceso de preparación del núcleo (desbaste) y 57 con el inicio de la talla (Román, 2009), pero ninguna de ellas de las variedades Tipo C o Tipo D.
- Una última hipótesis es que dichas láminas o lascas pudiesen ser un producto de algún tipo de intercambio. Dicha variedad podría ser valorada de un modo especial, bien por su escasez o bien por alguna virtud a ella atribuida, hecho que nos inclinaría a pensar que fue objeto de dicho intercambio entre comunidades.

### 8.2.2. Características texturales microscópicas de cada tipo

El análisis microscópico se ha realizado sobre un total de 19 muestras arqueológicas (12 procedentes del nivel superficial y 7 de material no retocado de diversos cuadros), las cuales han sido transformadas en lámina delgada. Así pues, las muestras escogidas pertenecen a las siguientes variedades: 10 muestras se clasifican como Tipo A, 5 correspondientes a la variedad I y 5 a la variedad II, 5 clasificadas como Tipo B, 1 correspondiente al Tipo C y 3 correspondientes al Tipo D.

- **Tipo A:** presenta una matriz micro/criptocristalina de cristales euhedrales de microcuarzo de extinción ondulante, pudiendo contener hasta un 10% de calcedonia; su textura heredada es *Mudstone* por lo que el hallazgo de bioclastos es casi anecdótico: carófitos, ostrácodos y restos de foraminíferos aislados son muy ocasionales, no llegando a superar el 5% sobre el total de la muestra. La matriz puede presentarse aún con restos de carbonato. Se ha comprobado que A-I y A-II coinciden texturalmente, hecho que confirmaría su correspondencia al mismo tipo (fig. 198 y 199). El córtex es calizo y al microscopio presenta abundantes cristales romboidales de Ca/Do. El análisis conjunto de la textura y la micropaleontología confirma un ambiente de formación de transición, de aguas dulces a saladas (salobre) o bien pudiera ser lacustre.

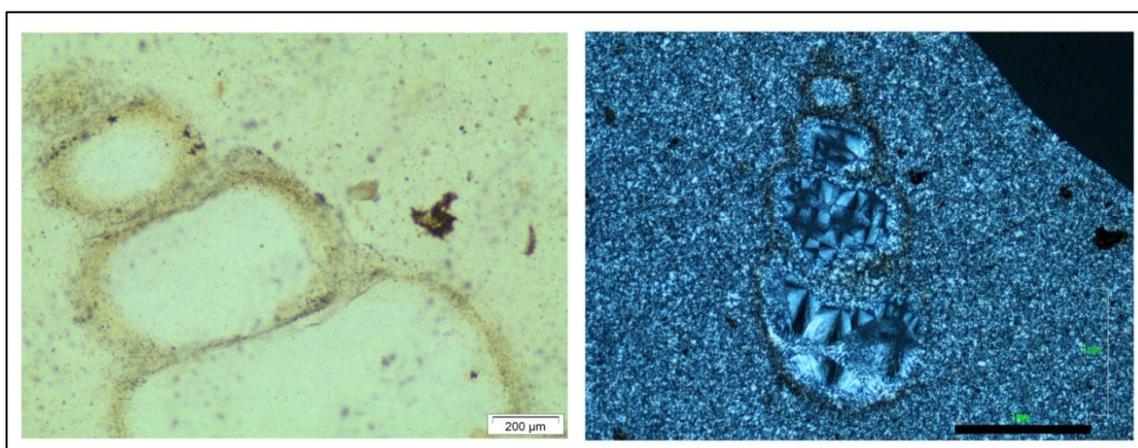


Fig. 198. Muestra de sílex superficial (sigla "Esp") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo A variedad I. Se aprecia una matriz clara, con restos bioclásticos muy aislados. Izquierda: visión de un gasterópodo turrítelido a escala 200  $\mu\text{m}$ , luz paralela. Derecha: el mismo gasterópodo observado con nícoles cruzados para poder apreciar con más precisión su completa calcedonificación y ausencia de restos carbonáticos. Microscopio óptico (a escala 1 mm y nícoles cruzados).

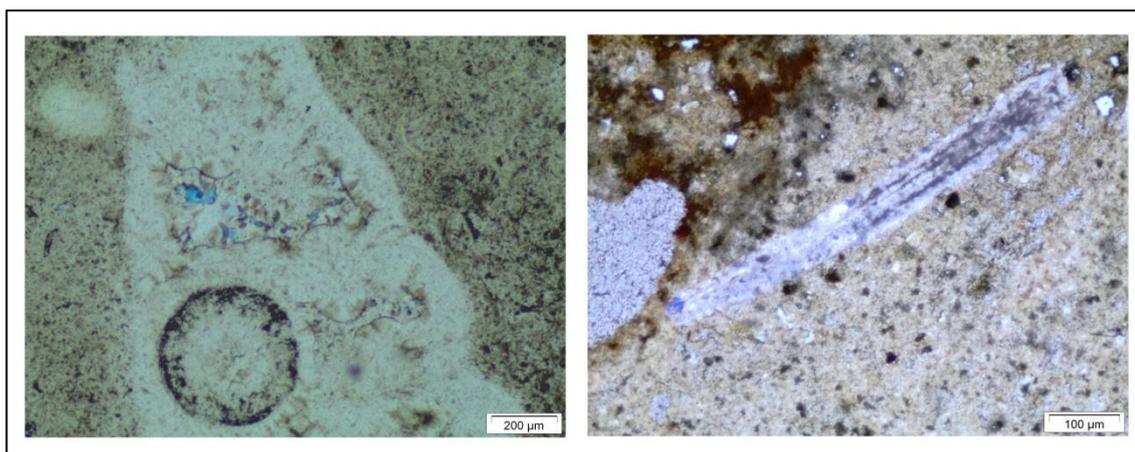


Fig. 199. Muestra de sílex superficial (sigla "SI") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo A variedad II. Izquierda: carofita incluida en un gasterópodo turrítélido. Derecha: resto bioclástico acicular y con canal interno (posible espícula) incluido en la zona de transición de la matriz al córtex de la muestra. Las dos imágenes han sido captadas con luz paralela y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente. Microscopio óptico.

- **Tipo B:** también presenta una matriz microcristalina de cristales euhédricos de microcuarzo de extinción ondulante; se diferencia del Tipo A por la inclusión de un mayor número de bioclastos, definiéndose claramente una textura heredada *Packstone* bioclástico (>30% clastos) formado básicamente por gasterópodos, carófitos y algunos foraminíferos. La matriz puede presentarse aún con restos de carbonato (fig. 200). El córtex es calizo y al microscopio presenta abundantes cristales romboidales de Ca/Do (fig. 201). Al igual que el caso anterior, su ambiente de formación sería salobre/lacustre.

Texturalmente, ambos tipos son prácticamente iguales a excepción de la concentración y porcentaje de bioclastos, mucho más abundantes en el tipo B (*Packstone*) que en el Tipo A (*Mudstone*). Pudiera ser que ambos tipos de sílex procedan de una misma formación, pero de diferentes biofacies<sup>17</sup>, es decir, facies que contengan distintas concentraciones de restos biológicos, lo cual explicaría el contraste de texturas hallada. Este cambio textural pudiera tener su reflejo arqueológico, ya que podría repercutir en una distinta calidad para la talla siendo el tipo A de calidad muy superior y, por lo tanto, los útiles manufacturados de uno u otro tipo estarían condicionados por este hecho.

<sup>17</sup> Facies descriptiva observacional, caracterizada por uno o diversos caracteres paleobiológicos o por la suma de todas las características biológicas, que muestra un depósito en un lugar determinado (Riba 1997).

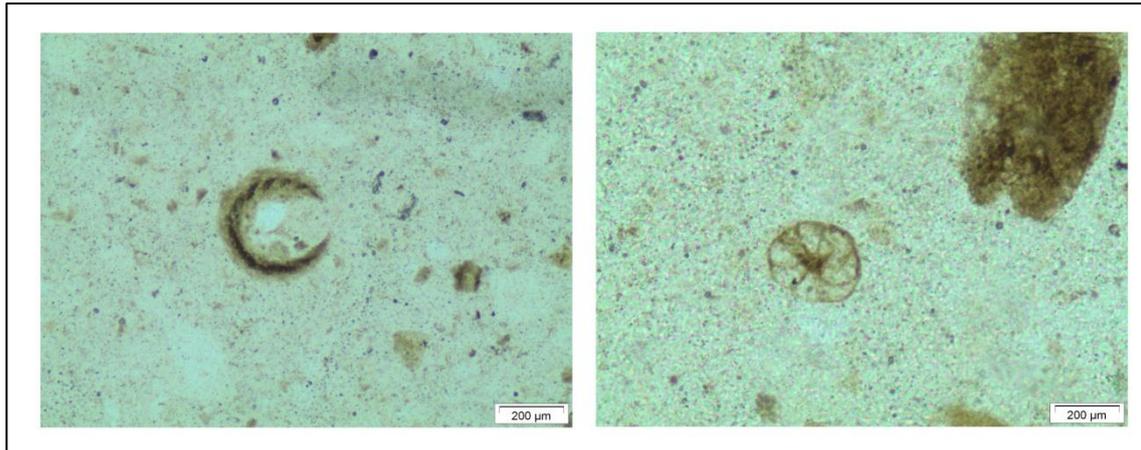


Fig. 200. Muestra de sílex superficial (sigla "1") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo B. Izquierda: detalle de oogonio de carofita aislado en la matriz silícea. Derecha: foraminífero espiralado aislado en la misma matriz. Las dos imágenes han sido captadas con luz paralela y a escala 200  $\mu\text{m}$ . Microscopio óptico.

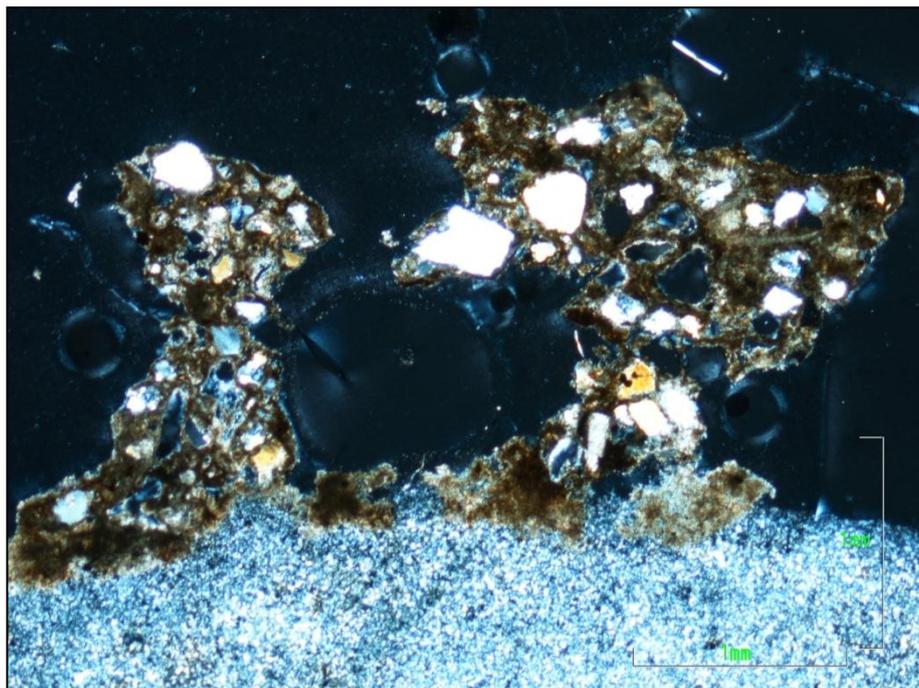


Fig. 201. Restos de córtex en muestra de sílex superficial (sigla "1") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo B. Se puede apreciar la matriz carbonatada con una amalgama de minerales, la mayoría cristales romboidales de Ca/Do. La imagen ha sido captada con nícoles cruzados y a escala 100  $\mu\text{m}$ . Microscopio óptico.

- **Tipo C:** en este caso la matriz micro-criptocristalina de cristales euhédricos de extinción ondulante y calcedonia no presenta suficientes criterios ni clastos ni inclusiones para poder definir ninguna textura heredada, se define pues como de textura cristalina (fig. 202).

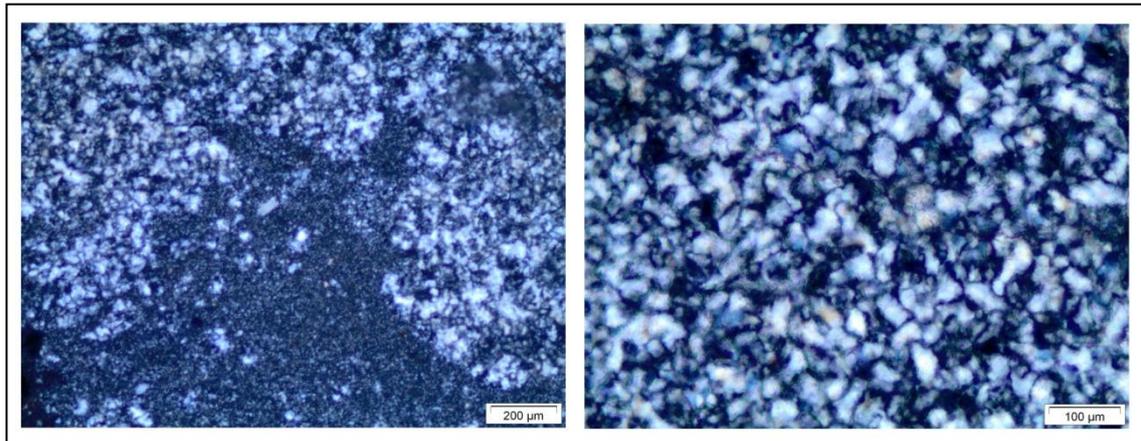


Fig. 202. Muestra de sílex superficial (sigla "4") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo C. Las dos imágenes reflejan una matriz formada por micro-criptocuarzo y calcedonia, sin otros elementos; captadas con nícoles cruzados y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente. Microscopio óptico.

- **Tipo D:** se caracteriza por una matriz microcristalina de cristales euhédricos de microcuarzo con extinción ondulante y textura heredada de tipo *Wackestone*. Se han identificado bioclastos de naturaleza marina, como foraminíferos espiralados y oolitos<sup>18</sup>. En este caso, el estudio microscópico ha corroborado el análisis macroscópico previo. La matriz y los bioclastos puede presentarse aún con restos de carbonato. Este tipo se desmarca geológicamente de los anteriormente descritos, ya que tendría su origen en un medio marino, hecho que enriquece la investigación porque pone de relieve la variabilidad de tipos de sílex utilizados en el abrigo de la Roureda (fig. 203).

---

<sup>18</sup> Los oolitos son partículas carbonáticas esferoidales, con una estructura formada por un núcleo envuelto en láminas carbonatadas y de un tamaño inferior a los 2 mm, generalmente formados por calcita o aragonita en ambientes de alta energía. De origen sedimentario, se forman en aguas limpias, cálidas y agitadas de mar poco profundo (Riba 1997).

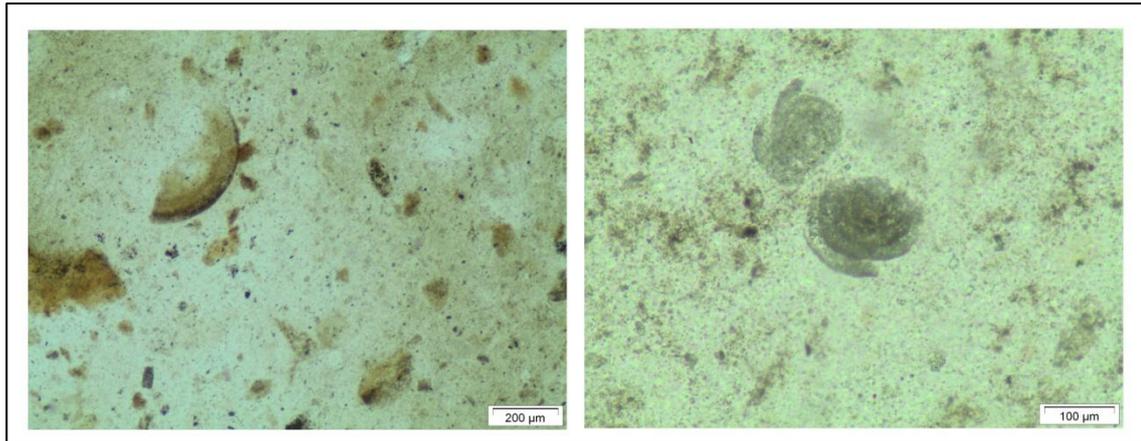


Fig. 203. Muestra de sílex superficial (sigla "5") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo D  
Izquierda: fragmento de oolito (Dr. Martín-Closas, com. pers.). Derecha: par de foraminíferos espiralados  
indeterminados. Imágenes captadas con luz paralela y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente.

Microscopio óptico.

El cuadro resumen de los tipos de sílex discriminados en el análisis microscópico textural (tabla 21).

VARIEDAD	SUB VARIEDAD	TEXTURA	M. DE LA SÍLICE	LITOCLASTOS	BIOCLASTOS	CÓRTEX	OBSERVACIONES
Tipo A	I	<i>Mudstone</i>	Cripto/ microcuarzo, calcedonia		Carofitas (tallos y oogonios), ostrácodos y restos de foraminíferos, restos aciculares	Caliza: cristales romboidales	Conserva restos de carbonato original
	II	<i>Mudstone</i>					
Tipo B		<i>Wackestone- Packstone</i>	Cripto/ microcuarzo, calcedonia		Carofitas (tallos y oogonios), ostrácodos y restos de foraminíferos , restos aciculares	Caliza	Conserva restos de carbonato original
Tipo C		Cristalina	Criptocuarzo	-	-	No hallado	No presenta impurezas
Tipo D		<i>Packstone</i>	Microcuarzo	Fragmentos de oolitos	Foraminíferos, fragmentos de concha, restos inidentificables	No hallado	Conserva restos de carbonato original

Tabla 21. Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características microscópicas principales.

### 8.2.3. Interpretación de los resultados

El análisis microscópico ha expuesto una serie de datos que definen el origen y los ambientes de formación de los tipos de sílex A, B, C y D hallados en el yacimiento del abrigo de La Roureda. Analizando los resultados de la combinación de los estudios macroscópicos y microscópicos podemos plantear una serie de afirmaciones al respecto.

Por un lado, el Tipo A tiene dos variedades cromáticas las cuales pueden o no, tener distintos puntos de afloramiento (recordemos la gran variabilidad que tiene el sílex, a pesar de proceder de una misma formación). Más adelante, en el apartado “*Origen y posibles áreas de captación de recursos: análisis geológico y análisis cartográfico del entorno*” intentaremos dar respuesta a este interrogante.

Por otro lado, hemos observado que, texturalmente, el Tipo A y el Tipo B son prácticamente iguales a excepción de la concentración y porcentaje de bioclastos, mucho más abundantes en el tipo B (*Packstone*) que en el Tipo A (*Mudstone*) ¿Qué interpretación puede atribuirse entonces a este fenómeno? La hipótesis que barajamos es que ambos tipos de sílex procedan de una misma formación, pero dicha formación contenga diferentes biofacies<sup>19</sup>, o lo que es lo mismo, facies que contengan diferentes concentraciones de restos biológicos, lo cual explicaría la diferencia de texturas hallada. A lo largo de esta formación, de la cual hablaremos más adelante, podríamos hallar puntos de afloramiento de material silíceo de textura heredada *Mudstone* y otros puntos de material silíceo de textura heredada *Packstone*.

Este cambio textural tiene una importancia arqueológica fundamental: provoca que estos dos tipos de sílex tengan una calidad para la talla muy diferente, siendo el tipo A de calidad muy superior al Tipo B y, por lo tanto, los útiles manufacturados de uno u otro tipo estarán condicionados por este hecho.

El Tipo C, descrito como un sílex de muy buena calidad, es el único clasificado como cristalino ya que no contiene ningún tipo de resto, ni litológico ni biológico. Por su poca presencia numérica y por dichas características tan poco específicas no se puede asignar, por el momento, a un origen concreto.

---

<sup>19</sup> Facies descriptiva observacional, caracterizada por uno o diversos caracteres paleobiológicos o por la suma de todas las características biológicas, que muestra un depósito en un lugar determinado. Riba 1979.

Por último, el Tipo D se desmarca de los tipos anteriormente descritos ya que tendría su origen en un reemplazamiento de sedimentos marinos, hecho que enriquece la investigación porque pone de relieve la amplia variabilidad de tipos de sílex utilizados en el abrigo de la Roureda.

#### 8.2.3.1 Algas carofíceas: restos hallados y relevancia para el análisis

Antes de empezar esta parte del capítulo es importante hacer alguna aclaración. En el anterior apartado 8.1 se ha remarcado que un tipo de sílex recuperado en l'Hort de la Boquera, el Tipo 2 o de carofitas, presentaba también restos algales. Dicha variedad pero, presenta siempre la misma especie de alga, *Gyrogona*.

Por el contrario, los restos algales hallados en las muestras relacionadas con el abrigo de la Roureda presentan una mayor abundancia y sobre todo variabilidad, lo cual ha sido de gran ayuda en la tarea de la discriminación de ciertas variedades de sílex. Este es el hecho por el que se ha incidido en mayor profundidad en el estudio de este elemento micropaleontológico de las muestras relacionadas con el abrigo de la Roureda.

A pesar que existen pocos estudios sobre procedencia de sílex a través del estudio de carofitas (Hannibal *et al.* 2013) se trata de una disciplina cada vez más aplicada por los investigadores y consideramos oportuno añadir este análisis a nuestra investigación para poder complementar la información sobre la procedencia de las variedades de sílex recuperados en el abrigo. Para tal efecto, se contactó con el Dr. Carles Martín-Closas, experto en carofitas de la Facultad de Geología (Universidad de Barcelona), el cual nos ofreció su ayuda desinteresada mediante la explicación de unas pautas de análisis y clasificación de dichas algas.

El hallazgo de estos restos algales - restos de tallo, oogonios, partes vegetativas- conservados en el sílex ya es, de por sí, un hallazgo poco habitual, debido a las características intrínsecas de los mismos - fragilidad, delicadeza - por lo que su silificación es un proceso poco observado o al menos, poco estudiado (Dr. Martín-Closas, com. pers.).

El Dr. Martín-Closas no ha facilitado una serie de parámetros para poder hacer una primera clasificación de todos los especímenes hallados. Estos parámetros son las siguientes: diámetro, pared (grosor y ornamentación - lisa, rugosa, con espinas, etc.-), número de vueltas y morfología (esférica, elíptica) (fig. 204).

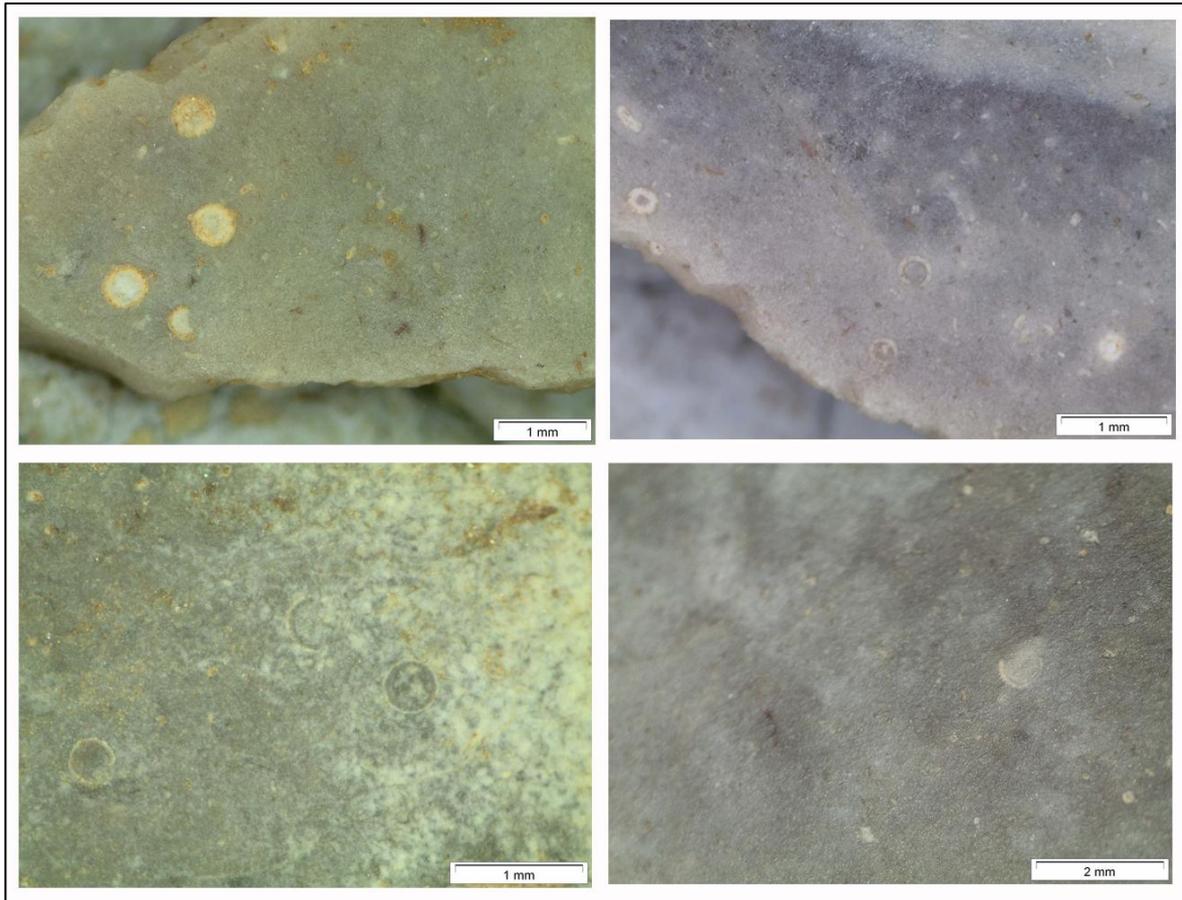


Fig. 204. Tipos de paredes en carofitas. De Arriba a abajo y de izquierda a derecha: muestra "C3C7-577" y muestra "E3C2-136" donde ambas presentan restos de carofitas de paredes gruesas a escala 1 mm; muestra "E3C1-172" (escala 1 mm) y muestra "C3C6-58" (escala 2 mm) donde ambas presentan restos de carofitas de paredes finas.

Para las piezas retocadas los restos algales han sido observados mediante la lupa binocular y para los restos de talla han sido observados al microscopio petrográfico y microscopio electrónico. La información en las piezas arqueológicas a menudo ha quedado sesgada al tratarse de muestras de gran interés arqueológico, motivo por el cual no han podido ser sometidas a procesos destructivos, que hubieran aportado una mayor información. De la totalidad de piezas retocadas analizadas al binocular (286) se han hallado restos de dichas algas en 25 de ellas, además de 4 muestras correspondientes a restos de talla, las cuales, tal y como hemos explicado previamente, se han utilizado para el análisis con el microscopio petrográfico y electrónico.

Veamos en detalle dichos parámetros y los resultados del análisis realizado:

- Diámetro: se han diferenciado tres grupos de carofitas diferentes según su tamaño; de tamaño pequeño (de 0,2 mm a 0,4 mm), de tamaño mediano (de 0,5 mm a 0,7 mm) y de tamaño grande (de 0,8 mm a 1 mm). La variabilidad del diámetro en un mismo género se tiene en cuenta alrededor de los 200  $\mu\text{m}$  de diferencia, a partir de ahí se consideran diferentes géneros (Dr. Martín-Closas, com. pers.). En nuestro análisis hallamos representantes de todas las medidas sin una clara tendencia.

- Pared: se han diferenciado dos grosores de pared, pared fina ( de 0,01  $\mu\text{m}$  - 0,05  $\mu\text{m}$ ) y pared gruesa (de 0,06  $\mu\text{m}$  a 0,3 mm). En un estado avanzado del análisis y gracias a la muestra "E3C1-176" observamos que casi la totalidad de las muestras presentaban el mismo tipo de pared (gruesa) pero que habían perdido una capa - ectocalcina- lo que las hacía parecer la mitad de grosor del que presentaban en un origen (Dr. Martín-Closas, com. pers.). Dicho hallazgo ha sido muy importante porque simplifica en gran medida los resultados. Se han diferenciado carofitas de paredes lisas, sin ornamentación, y carofitas de paredes rugosas, tanto cóncavas como convexas. Las carofitas de paredes rugosas presentan diversas ornamentaciones y aunque no son las más abundantes en nuestro registro sí son las más bellas.

- El número de vueltas de todos los especímenes analizados -cuando ha sido posible su observación - oscila entre 5 a 20 vueltas, o sea, significando una gran variabilidad.

- La morfología general observada es esférica (fig. 205). Aunque algunos especímenes la presentan elipsoidal, es difícil diferenciar dicha característica como intrínseca de la misma alga o como resultado del aplastamiento o deformación sufrido durante el proceso de silificación de la muestra. Así que en el caso de hallar morfologías elipsoidales no disponemos de suficientes criterios para afirmar su verdadera forma.

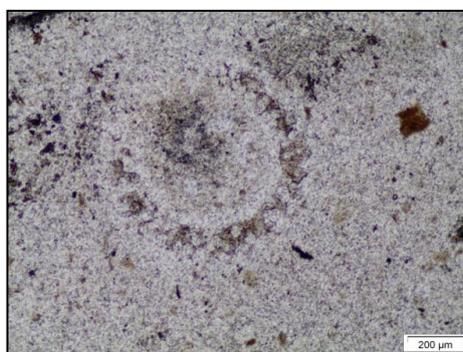


Fig. 205. Muestra geológica "Estrella", procedente de la pista de la Estrella (ver cap. 7.2); microscopio óptico, luz paralela (200  $\mu\text{m}$ ).

- El último detalle a tener en cuenta para el análisis es la obertura, si existe o no, del poro apical del alga. Si lo hallamos abierto significa que el alga ha germinado (Dr. Martín-Closas, com. pers.) (fig. 206).

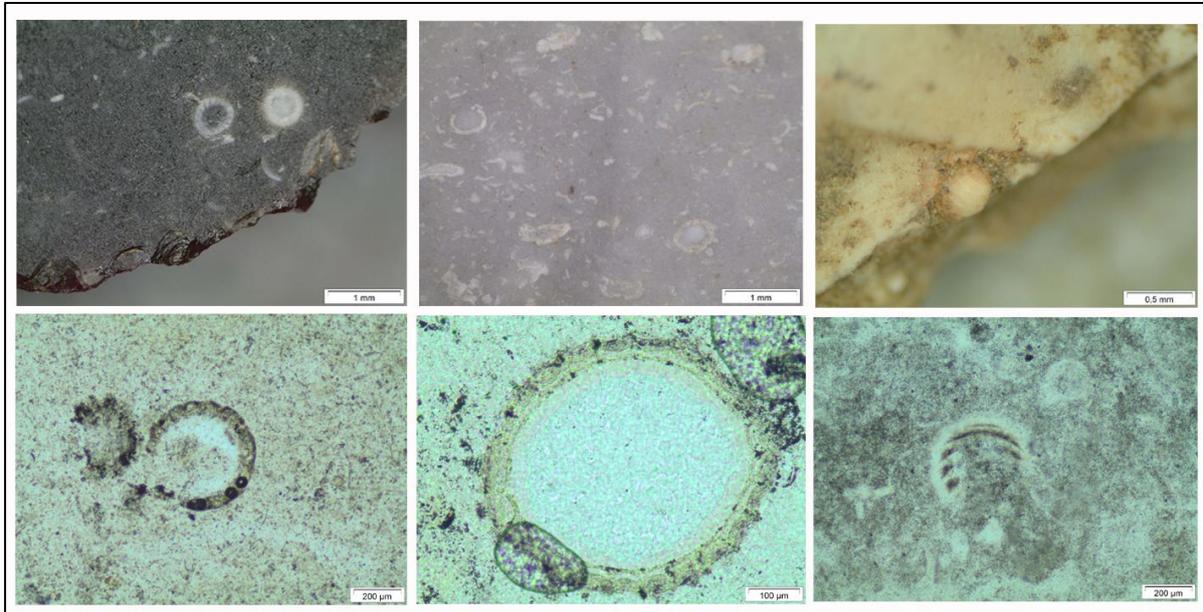


Fig. 206. De arriba abajo y de izquierda a derecha: restos donde se aprecia claramente el grosor de pared e incluso el número de vueltas de las carofitas; muestra "C3C3-5" (escala 1 mm); restos de tallo deformados por la silificación; muestra "E3-C8-13" (escala 1 mm); oogonio entero y en relieve incrustado en uno de los bordes de la muestra "E3C3-55" (escala 0,5 mm). Estas tres muestras pertenecen a material retocado y las imágenes han sido obtenidas con lupa binocular. Carofita con el poro apical abierto hallada en la muestra "3" (escala 200 µm); carofita con ornamentación carenada en muestra "3a" (escala 100 µm) y oogonio con un mínimo de 5 vueltas en muestra "4" (escala 200 µm). Estas tres muestras son restos de talla analizados al microscopio óptico con luz transmitida.

Como estamos observando, este análisis requiere de gran tiempo y dedicación por lo que se decidió posponerlo hasta un momento más adecuado (postdoctoral). Creemos que con estas pautas aplicadas hasta el momento se ha generado una base sólida de análisis de carofitas para un posterior estudio ampliado.

Uno de los factores que han frenado este análisis ha sido no haber recuperado un mayor número de muestras geológicas lo suficientemente ricas en carofitas, por lo que no se ha podido comparar la información obtenida de las muestras arqueológicas con las geológicas.

La correspondiente línea de futuro -incluyendo una ampliación de prospecciones geológicas- se centrará en obtener un análisis exhaustivo de los restos algales incluidos en todas las muestras ricas en carofitas y se focalizará en un incremento de los análisis mediante microscopio óptico y electrónico (fig. 207 y 208), tanto de las muestras arqueológicas ya analizadas, como de las futuras muestras geológicas relacionadas con el abrigo de La Roureda.

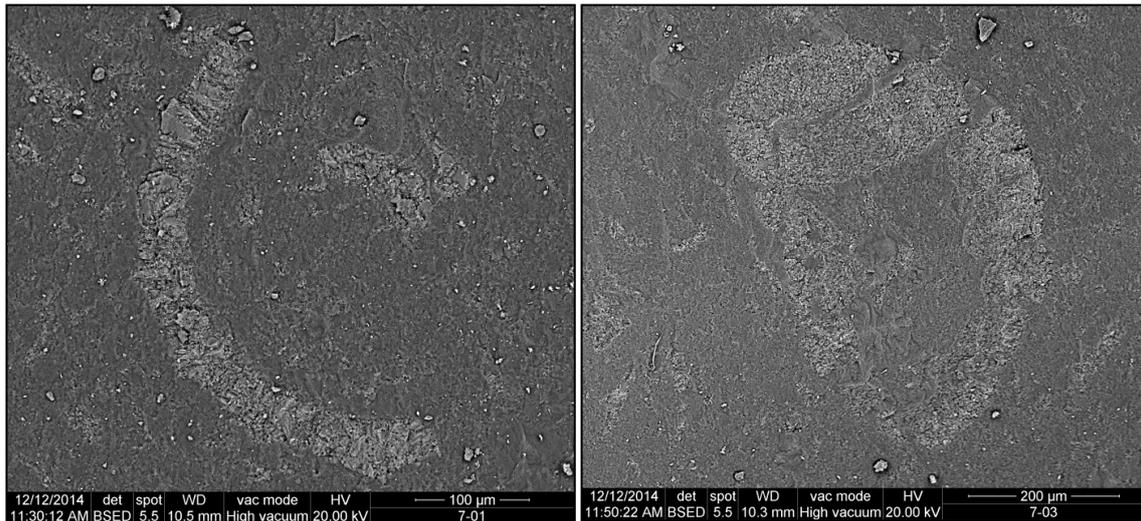


Fig. 207 y 208. Muestra con sigla "7", clasificada como Tipo B, presenta una matriz silíceica bastante homogénea con abundantes carofitas incluidas. Izquierda: casi no se aprecia el relieve de este resto porque su estructura está bastante mal conservada (100 µm). Derecha: oogonio deformado por la silificación en el que aún se aprecian hasta 8 vueltas (200 µm). Microscopio electrónico de barrido.

#### 8.2.4. Primeras conclusiones derivadas del análisis macroscópico del sílex. Relación Variedad – Soporte/Tipología

En este apartado se pretende deducir si existe o no relación alguna entre los diferentes útiles líticos y las cuatro variedades de sílex halladas, e intentar responder algunas incógnitas como: ¿Es posible que las comunidades prehistóricas de la Roureda prefiriesen un tipo de sílex para la talla y manufactura de diferentes útiles? ¿Aprovechaban el hecho de tener un tipo de sílex de fácil acceso, aunque de peor calidad, para tallar ciertos útiles que necesitasen un mayor reemplazo? ¿Esperaban quizás a recolectar alguna variedad en concreto para la manufactura de útiles más complejos o con algún simbolismo añadido? ¿Detenían la fabricación de un tipo de útil si no habían recolectado el tipo de sílex que deseaban?

Tres de las cuatro variedades de sílex identificadas se han definido por sus características texturales con una aptitud para la talla “de buena a muy buena”. A partir de la clasificación

tipológica de los materiales se ha procedido a cuantificar el número de piezas de una misma variedad y se han definido dos tipos de relaciones, la primera: variedad-tipo de soporte retocado y la segunda: variedad-tipo de útil.

#### 8.2.4.1. Relación Variedad-Soporte

Han sido analizados los ocho tipos de soporte que se utilizaron para la fabricación de piezas retocadas (t=286): lasca, lasca laminar, lámina, laminita, PAN, golpe de buril, informe + *debris* y lasca térmica. En la tabla 22 podemos observar el tanto por ciento tallado de cada variedad para cada tipo de soporte. Recordemos que la variedad más utilizada para la confección de útiles retocados es el Tipo A-I (30,07%), seguido de: A-II (23,43%), B (19,23%), D (15,38%) y C (4,20%). Para un estudio más detallado hemos analizado la relación entre las lascas, lascas laminares, láminas y laminitas en relación a los tipos A, B, C y D, porque numéricamente son los soportes más representativos. El resto de piezas se han tenido en cuenta solamente para el recuento total que precede este párrafo, ya que se trata de soportes de uso muy puntual (PAN y golpe de buril) o fragmentos (informes o lascas térmicas).

Una de las primeras observaciones es que las variedades A-I y A-II tienen un comportamiento similar y muestran grandes similitudes numéricas en cuanto al tipo de soporte retocado, ya que en el caso de lascas laminares, láminas y laminitas obtienen unos resultados muy parecidos (10-14-38 y 9-12-35) respectivamente. En cambio, las 20 lascas de A-I casi duplican las 11 de A-II. El Tipo B es semejante en número de lascas y láminas al tipo A (16-11), pero numéricamente superior en lascas laminares (14) y muy por debajo en cuanto a laminitas (13).

El Tipo C se presenta principalmente como materia prima para fabricar soportes microlaminares (9). La ausencia de núcleos y la escasez de lascas entre los materiales no retocados (11) de esta variedad, podría indicar que la fabricación de los soportes se realizaría en otro lugar, ya que generalmente en los esquemas de talla documentados en el yacimiento se generan lascas de configuración o mantenimiento de los núcleos que suelen ser reutilizadas en la confección de utillaje retocado. Las 19 láminas no retocadas de este tipo podrían considerarse la evidencia de unos soportes que llegan al yacimiento ya tallados.

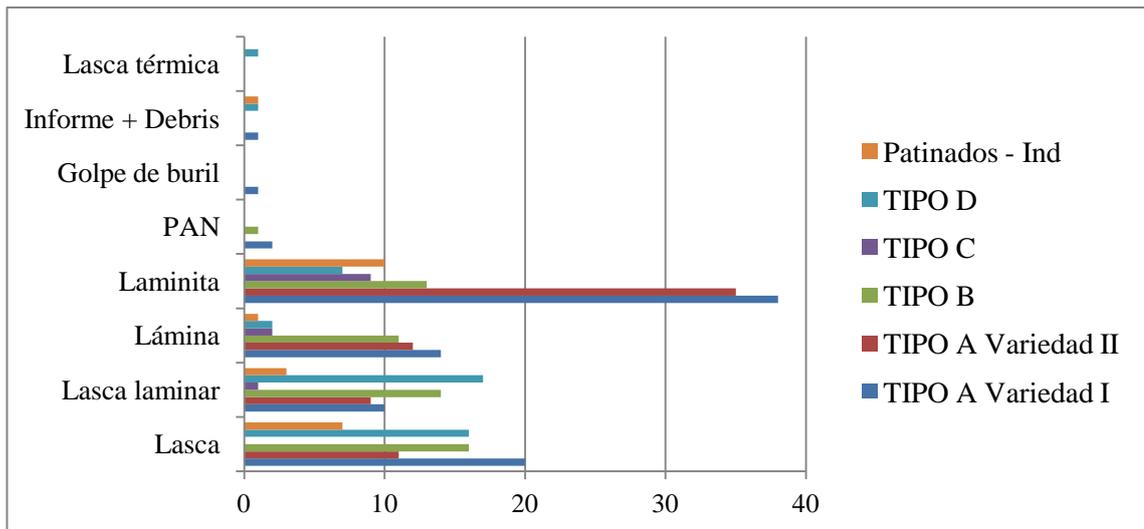
El Tipo D destaca especialmente en el recurso a soportes retocados de tipo lasca (16) y lascas laminares (17) para la confección del utillaje, siendo mucho menor su importancia en cuanto a

retocados sobre laminitas (7) o láminas (2), hecho que podemos atribuir a una aptitud para la talla menor.

Por lo tanto, podemos concluir que el Tipo A y su variedad I con un 28,57 % de piezas es la más utilizada para retocar piezas sobre lasca. Para el retoque de piezas sobre lasca laminar la variedad más utilizada es el Tipo B, con un total de 25,93% de piezas retocadas. Para el retoque sobre soportes laminares parece haber un único tipo utilizado mayormente, el Tipo A, pero sus dos variedades fueron igualmente utilizadas, la variedad I y la variedad II, con un 33,33% y un 28,57% respectivamente de láminas retocadas y un 33,93% y un 31,25% de laminitas retocadas (tabla 22 y gráfica 7).

	VARIEDADES DE SILEX													
	TIPO A				TIPO B		TIPO C		TIPO D		Patinados - Ind		Totales	
	I		II											
SOPORTE	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%
Lasca	20	28,57	11	15,71	16	22,86	0	0,00	16	22,86	7	10,00	70	24,48
Lasca laminar	10	18,52	9	16,67	14	25,93	1	1,85	17	31,48	3	5,56	54	18,88
Lámina	14	33,33	12	28,57	11	26,19	2	4,76	2	4,76	1	2,38	42	14,69
Laminita	38	33,93	35	31,25	13	11,61	9	8,04	7	6,25	10	8,93	112	39,16
PAN	2	66,67	0	0,00	1	33,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	1,05
Golpe de buril	1	100,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,35
Informe + Debris	1	33,33	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	33,33	1	33,33	3	1,05
Lasca térmica	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	100,00	0	0,00	1	0,35
	86	30,07	67	23,43	55	19,23	12	4,20	44	15,38	22	7,69	286	100,00

Tabla 22. Relación variedad de sílex – soporte.



Gráfica 7. Relación variedad de sílex – soporte.

#### 8.2.4.2. Relación Variedad-Tipo de útil

Si bien existen representantes de casi la totalidad de variedades de sílex para la mayoría de grupos tipológicos recuperados en el abrigo, desde un punto de vista meramente cuantitativo, observamos que existen variedades mayoritarias para cada grupo tipológico (tabla 23).

En el cómputo global el Tipo A, es el más abundante, y junto al Tipo B se han utilizado para fabricar la mayor parte de los útiles líticos. Los Tipos C y D, que son los menos abundantes, poseen datos un tanto diferentes a los dos Tipos principales. El Tipo C, con tan solo 12 piezas retocadas, parece que se ha utilizado principalmente para la fabricación de utillaje microlaminar. Por su parte, el Tipo D, al igual que los dos primeros, presenta una utilización más repartida, aunque destaca entre las piezas incluidas en “Diversos”, que en su mayoría son útiles fracturados de los que no podemos confirmar su tipología.

Estos datos evidencian que tanto el Tipo A como el Tipo B, y posiblemente el Tipo D, pese a las diferencias observadas en su calidad para la talla, fueron ampliamente usados, aunque como veremos más adelante con objetivos distintos. El Tipo C, en cambio, podría tener una explotación más específica, centrada en los útiles microlaminares.

Si observamos las siguientes Tabla 23 y la Gráfica 8 basadas en el número de útiles tallados por grupo tipológico en función de los Tipos podemos extraer varias conclusiones:

Las dos variedades del Tipo A continúan teniendo muchas similitudes en cuanto a su utilización, y para la configuración de: raspadores, muescas-denticulados, compuestos y útiles microlaminares. Por lo tanto, presentan un comportamiento muy parecido.

El Tipo B es menos utilizado en comparación con el tipo anterior, aunque se utiliza también para la elaboración de una amplia diversidad de útiles.

El Tipo C, pese a ser el más escaso en efectivos, nos aporta un dato más que significativo. Se trata de una variedad utilizada casi exclusivamente en soportes laminares y útiles microlaminares (75%). Este dato, junto con la ausencia de núcleos, nos inclina a pensar que esta materia prima podría haber llegado al yacimiento bajo forma de láminas y laminitas. Siendo su calidad elevada, pero similar a la de otros tipos presentes en mayor número en el yacimiento, se nos plantea la cuestión de intentar explicar su presencia. Las respuestas son potencialmente diversas, desde que podría tratarse de piezas obtenidas por intercambio con otros grupos, hasta que podría tratarse de materiales que, por su escasez, o su aspecto, se dotaran de alguna connotación especial.

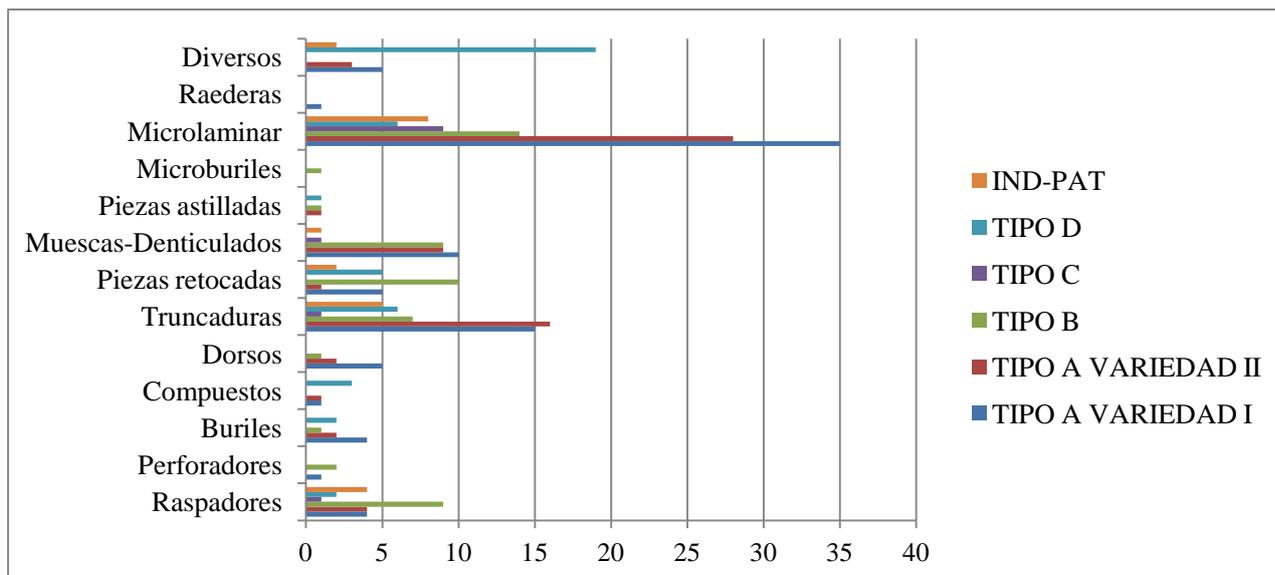
Por último, destacaremos que el Tipo D presenta en cuanto a soportes retocados un número similar en lascas (16) y lascas laminares (17) a las dos variedades más abundantes (Tipos A y B). En cambio, el utillaje retocado en soporte lámina o laminita en esta variedad silíceo es escaso. La mayoría de las piezas retocadas fabricadas sobre el Tipo D están fracturadas y tipológicamente se integran en “Diversos”. De hecho, hemos comprobado que de estas piezas, aquellas que podríamos incluir -con dudas- en algún grupo tipológico (unas 12), se reparten entre los raspadores, las piezas con retoques en los bordes y los útiles microlaminares. La elevada fracturación e indeterminación de los útiles elaborados sobre el Tipo D debería ponerse en relación probablemente con la aptitud a la talla de la materia prima. Pese a esta última afirmación, si distribuimos las piezas retocadas en dos categorías: útiles domésticos y proyectiles (Tabla 23), observaremos tres agrupaciones diferenciadas. En primer lugar, el Tipo A, que presenta el mismo porcentaje en ambas categorías; en segundo lugar, el Tipo C, que como hemos indicado anteriormente se orienta a la obtención de proyectiles, y en tercer lugar, los Tipos B y D, donde dominan claramente los útiles domésticos.

En conclusión, todos estos datos parecen indicar un uso distinto de las diversas variedades de sílex que hemos definido:

- **El Tipo A**, que fue utilizado para la fabricación de toda suerte de útiles, siendo posiblemente los proyectiles su objetivo prioritario y reutilizándose las lascas secundarias para la elaboración de útiles domésticos. La buena aptitud de la materia prima y su relativa proximidad al asentamiento debieron jugar un papel determinante para su aprovechamiento.
- **El Tipo B** se utilizó principalmente para la fabricación de útiles domésticos, aunque los proyectiles están bien representados. Se trata de una variedad de buena calidad y relativamente cercana al asentamiento.
- **El Tipo C**, de textura cristalina y coloración peculiar fue utilizado básicamente para la elaboración de proyectiles. Posiblemente su llegada al yacimiento se realizó bajo forma de soporte ya tallado.
- **El Tipo D** presenta un uso similar al Tipo B, predominando el utillaje doméstico. Recordemos que se trata de la variedad de peor calidad, lo que podría explicar la elevada cantidad de útiles fracturados sobre esta materia prima.

ÚTIL	VARIEDADES DE SÍLEX														TOTAL	
	TIPO A				TIPO B		TIPO C		TIPO D		IND-PAT					
	I		II		Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%	Núm.	%				
	Núm.	%	Núm.	%												
Raspadores	4	4,65	4	5,97	9	16,36	1	8,33	2	4,55	4	18,18	24	8,39		
Perforadores	1	1,16	0	0,00	2	3,64	0	0,00	0	0,00	0	0,00	3	1,04		
Buriles	4	4,65	2	2,99	1	1,82	0	0,00	2	4,55		0,00	9	0,34		
Compuestos	1	1,16	1	1,49	0	0,00	0	0,00	3	6,82	0	0,00	5	1,74		
Dorsos	5	5,81	2	2,99	1	1,82	0	0,00	0	0,00	0	0,00	8	2,8		
Truncaduras	15	17,44	16	23,88	7	12,73	1	8,33	6	13,64	5	22,73	50	17,48		
Piezas retocadas	5	5,81	1	1,49	10	18,18	0	0,00	5	11,36	2	9,09	23	8,04		
Muestras-Denticulados	10	11,63	9	13,43	9	16,36	1	8,33	0	0,00	1	4,55	30	10,48		
Piezas astilladas	0	0,00	1	1,49	1	1,82	0	0,00	1	2,27	0	0,00	3	1,04		
Microburiles	0	0,00	0	0,00	1	1,82	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,34		
Microlaminares	35	40,70	28	41,79	14	25,45	9	75,00	6	13,64	8	36,36	100	34,96		
Raederas	1	1,16	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	0	0,00	1	0,34		
Diversos	5	5,81	3	4,48	0	0,00	0	0,00	19	43,18	2	9,09	29	10,13		
TOTAL	86	100,00	67	100,00	55	100,00	12	100,00	44	100,00	22	100,00	286	100,00		

Tabla 23. Relación variedad – tipo de útil.



Gráfica 8. Relación variedad – tipo de útil.

8.2.5 Origen y posibles áreas de captación de recursos: estudio comparativo entre las variedades de sílex discriminadas para las muestras arqueológicas y las variedades de sílex geológico

Tal y como se ha explicado en el capítulo 7.2. "Prospecciones relacionadas con el yacimiento del abrigo de La Roureda y descripción de las muestras recuperadas", el análisis arqueopetroológico de los materiales del yacimiento se ha completado con los trabajos de contextualización geológica y geográfica de las áreas-fuente silíceas potenciales, tanto a través del análisis de la cartografía geológica de la región (IGME) como con varias prospecciones sobre el terreno que han cubierto distintas zonas de las comarcas del Maestrat y de Els Ports, ya que apenas existe literatura científica sobre la disponibilidad de sílex en el territorio (IGME, Arasa Tuliesa, 2011) así como también se recurrió a las informaciones orales de los estudiosos de la zona.

El análisis se ha efectuado en un radio de hasta 100 km, desarrollando así un exhaustivo y sistemático trabajo sobre el terreno a corta, media y larga distancia del yacimiento, para obtener una idea de conjunto y global del entorno geológico y la disponibilidad de afloramientos de sílex. En total se han visitado y recogido muestras de 8 puntos de afloramiento de rocas silíceas (ver fig. 174 del capítulo 7.2).

Se han seleccionado 12 muestras procedentes de las prospecciones que al ser caracterizadas macroscópicamente y microscópicamente han desvelado algunas incógnitas sobre la procedencia de algunas de las materias primas utilizadas.

**Tipo A:** este tipo, con dos variedades cromáticas descritas, la variedad I y la variedad II, tiene sus paralelos en algunos afloramientos visitados. Las características texturales de dos de las muestras procedentes del afloramiento secundario de Mas del Pinar tienen una gran similitud con las características descritas para las dos variedades del Tipo A, algunas de las muestras procedentes de los conglomerados de Font de la Salut presentan gran similitud con la variedad II del mismo y las muestras procedentes de las calizas de Fortanete se relacionan con la variedad I del mismo tipo (fig. 209).

Haciendo una valoración de factores y teniendo en cuenta por un lado, la dificultad de extracción de la materia prima de los tipos de afloramiento (primario, secundario) y por otro, la distancia del abrigo a los mismos, se podría afirmar que por menor gasto energético el afloramiento más favorable y cómodo para la recolección y abastecimiento de sílex sería el de Mas del Pinar. Situado a tan sólo 5 km del abrigo y con material abundante sería la opción más adecuada. Pero dicha afirmación no puede ser asegurada debido a otro factor que debemos tener en cuenta. No olvidemos que se trata de un afloramiento secundario actualmente ocupado por unas tierras de labranza.... ¿Qué aspecto tenía hace más de 10000 años ese mismo lugar? con total certeza no el mismo...

En cualquier caso, descartando Mas del Pinar como afloramiento principal de abastecimiento, a nivel regional se dispone de los afloramientos de las calizas de Fortanete, situadas a 22 km y los conglomerados de Font de la Salut, a 45 km, susceptibles de haber sido explotados de manera recurrente para la extracción de sus recursos líticos.

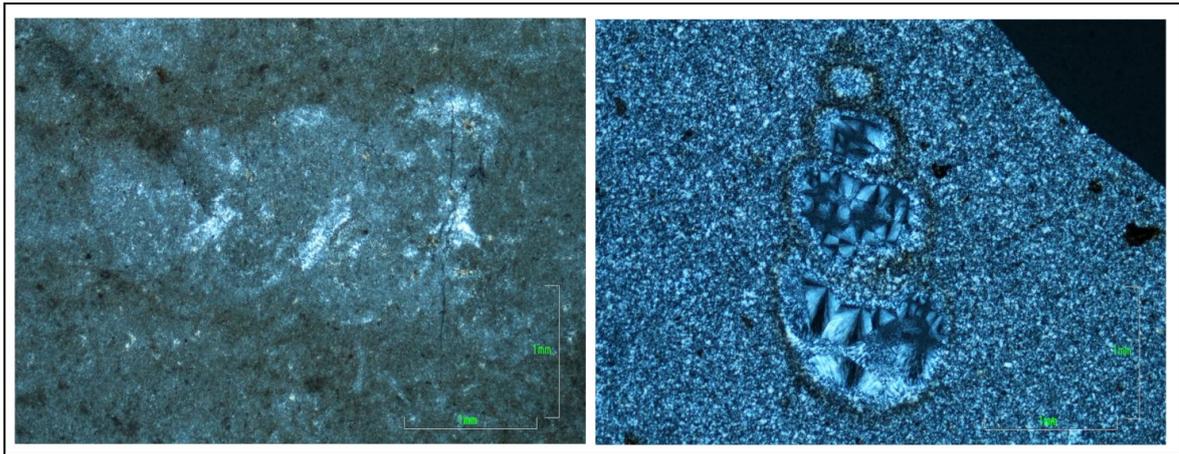


Fig. 209. Izquierda: muestra procedente del afloramiento de Fortanete donde se puede apreciar un relicto de gasterópodo turrítelido en la matriz silícea aun carbonatada. Derecha: muestra arqueológica de sílex arqueológico (sigla "Esp") donde se aprecia un gasterópodo turrítelido calcedonizado incluido en la matriz silícea. Las dos muestras pertenecen al Tipo A-I. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1 mm).

**Tipo B:** la materia prima que por sus características se asemeja en mayor medida a este tipo es sin duda el afloramiento de dolomías, margodolomías y calizas localizado en Pista de la estrella- Mas del Quinyó, a tan sólo 10 km de distancia al abrigo de la Roureda. Tal y como se ha descrito antes, esta variedad de sílex se caracteriza básicamente por el porcentaje elevado de elementos bioclásticos de origen carbonatado preservados en su matriz silícea (fig. 210). El afloramiento pudo ser explotado con frecuencia medianamente recurrente y se caracteriza por contener lechos de materia prima estratificada y nodular, abundante y de gran tamaño, situación ideal para los recolectores de la misma.

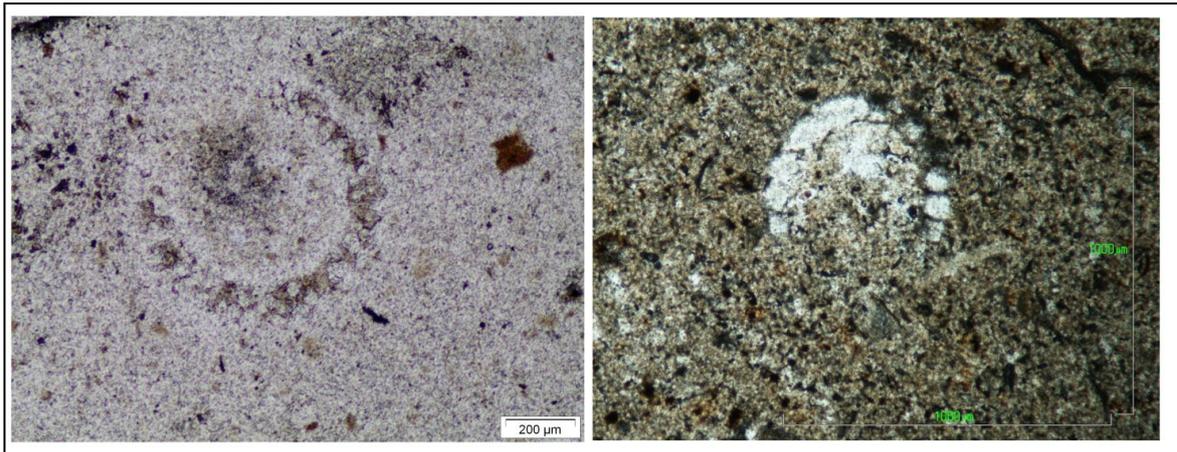


Fig. 210. Izquierda: muestra procedente del afloramiento "Estrella" donde se puede apreciar los restos de una carofita incluida en la matriz silíceas. Microscopio óptico (luz paralela, 200 μm). Derecha: muestra arqueológica de sílex superficial (sigla "sIV") donde se aprecian los restos de un oogonio incluido en la matriz silíceas aún con restos de carbonato. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1000 μm). Las dos muestras pertenecen al Tipo B.

**Tipo C:** no se ha localizado por el momento ningún representante geológico relacionable con el Tipo C, por lo que se deberá continuar la búsqueda para completar este estudio. No obstante, la bibliografía nos ha aportado algunos datos: "Los nódulos de sílex son siempre pequeños y nodulosos, en ocasiones un sílex de tipo tabular. El color predominante es el blanco opaco, estando asimismo bien representados los tonos grises y rosáceos. El sílex es de calidad, de grano fino y escasa pátina de alteración; las aristas normalmente son vivas, poco rodadas". Así es como Val (1977:49) describe la materia prima silíceas recuperada en algunos yacimientos líticos en superficie localizados en el Barranco de la Valltorta (Mas d'en Josep, Planell de la Bastida, Pla del Serreto, La Mallaeta, el Pla d'en Mas d'en Peraire, Planell de la Rompoda y Planell del Puntal), en su totalidad de facies microlítica neo-eneolítica (Vilaseca 1953), tratándose de la continuación evolucionada del antiguo estadio Epipaleolítico representado por los yacimientos de Colls Roigs, Moreva, Miloquera y La Roca (Val 1977:76).

Fernández López de Pablo *et al* (2005:881) destaca el hallazgo en el nivel I del Abric de Mas Martí (Albocàsser, Castelló) de "un sílex blanco de tipo calcedonioso que ha sido identificado en otros yacimientos próximos de cronología neolítica avanzada como la Cova de la Rabosa o la Cova Gran del Puntal".

Aunque se trata de la descripción de sílex arqueológicos es importante conocer que otros yacimientos de distintas cronologías pero cercanos al abrigo de la Roureda podían haber

explotado el mismo tipo silíceo que aquí describimos. Se debería continuar con la investigación y averiguar si dichos tipos aquí coinciden con el Tipo C aquí expuesto.

**Tipo D:** según comunicación oral del Dr. Dídac Román y posterior prospección realizada por él mismo, se ha documentado el hallazgo de nódulos silíceos en el lecho del río Montlleó (fig. 211), a aproximadamente 5 km al sur del abrigo.



Fig. 211. Nódulo recuperado en el lecho del río Montlleó. Cedido por el Dr. Dídac Román.

Su posterior análisis ha revelado una gran similitud con el Tipo D o marino, hallando incluso el mismo tipo de foraminífero espiralado en varias muestras, tal y como se puede apreciar en las imágenes (fig. 212). Se observan además otros elementos bioclásticos marinos parecidos, con un grado bajo de silificación y una matriz aun muy carbonatada.

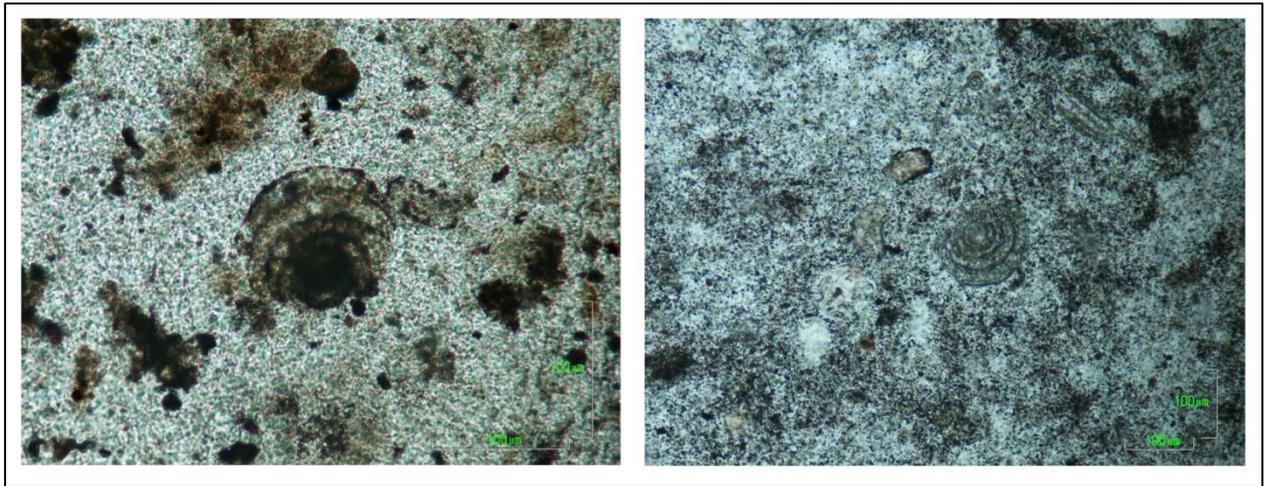


Fig. 212. Izquierda: muestra geológica procedente del lecho del río Montlleó. Derecha: muestra arqueológica de sigla "E3c8sq4-16". En ambas se puede apreciar el mismo tipo de foraminífero espiralado tan peculiar.

Microscopio óptico (nícoles cruzados, 100  $\mu\text{m}$ ). Las dos muestras pertenecen al Tipo D.

Otra cuestión en la que debemos incidir es en la colaboración con otros colegas investigadores sobre proveniencia de materias primas silíceas de las zonas colindantes, por ejemplo hacia el noroeste - territorio aragonés - donde un equipo de la Universidad de Zaragoza está llevando a cabo un intenso trabajo de campo (García-Simón y Mandado 2014, García-Simón y Domingo 2016, García-Simón *et al.* 2016). Tal y como se ha explicado anteriormente, se realizó una salida de campo conjunta al lecho del río Guadalupe con el equipo aragonés además de haber podido tener acceso a algunas de las muestras recuperadas de otras prospecciones anteriores. Se puede observar la gran similitud que dichas muestras presentan con las muestras descritas como Tipo D (fig. 213) tanto a nivel macroscópico como microscópico, por lo que no parece descabellado pensar que los grupos humanos del norte de Castelló pudiesen tener cierto grado de contacto e interacción con los grupos humanos de la zona aragonesa o bien que pudiesen conocer, compartir y explotar ciertas zonas del mismo territorio.

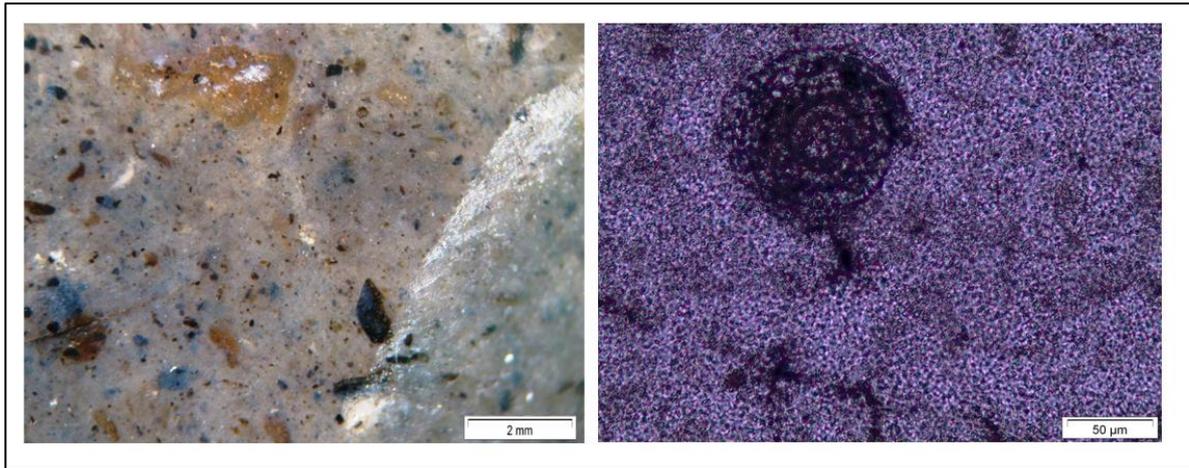


Fig. 213. Muestra procedente del lecho del río Guadalupe, fotografías cedidas por Luis Miguel García Simón (Universidad de Zaragoza). Visión macroscópica de bioclastos marinos indeterminados, lupa binocular (2 mm). Derecha: foraminífero espiralado, microscopio óptico (50  $\mu$ m). Véase la gran similitud con el Sílex Tipo D.

#### 8.2.6. Conclusiones

En primer lugar, el análisis macroscópico de las 286 piezas retocadas, los 2.753 restos de talla y los 20 núcleos nos ha permitido establecer, hasta el momento, 4 tipos y 5 variedades distintas de sílex con características texturales propias y bien definidas. Dichas variedades son en su mayoría de origen salobre/lacustre, dato que concuerda con la búsqueda bibliográfica realizada y con los resultados obtenidos de las prospecciones. Tal y como avanzamos anteriormente, y gracias al análisis realizado, se puede hablar de contextualización geológica del Tipo A variedades I y II, pudiéndolas localizar al menos en 3 afloramientos conocidos (Fortanete, Mas del Pinar y Traiguera), situados en un radio de local a extraregional (entre 5 y 50 km del abrigo).

El afloramiento más cercano al yacimiento, a 5 km, correspondiente a Mas del Pinar, ha proporcionado distintas muestras de sílex del Tipo A en sus dos variedades, la I y la II, que se tratarían de las variedades más abundantes en el yacimiento. Parece sensato afirmar que la existencia de un afloramiento de sílex cercano al abrigo condicionaría el abastecimiento de los pobladores, siendo la opción menos costosa energéticamente. Tal y como hemos remarcado anteriormente, este afloramiento es actual y no podemos afirmar el estado en el que se hallaba

hace más de 10.000 años por lo que creemos que debería ponerse muy en cuestión su explotación durante la Prehistoria.

Los otros dos afloramientos – primarios-, Fortanete y Font de la Salut, situados a media y larga distancia respectivamente, o sea, a nivel regional, también proporcionan dichas variedades, y es muy posible que los pobladores también los conocieran y los explotaran de manera recurrente.

Por otro lado, determinados sílex geológicos comparables con el Tipo B -segundo en número de efectivos identificados en el yacimiento- han sido hallados a 10 km de distancia del abrigo de la Roureda, localizados en una formación margodolomítica y calcárea (Pista de la Estrella) de extensión limitada y discontinua.

Por el momento, el/los afloramiento/s de los materiales silíceos del Tipo C, la variedad menos abundante en el yacimiento, no han sido localizados; el hecho que tampoco contemos con núcleos de estos tipos podría relacionarse con una captación indirecta de dichos recursos por intercambio, o bien con una cadena operativa lítica secuenciada temporal y/o espacialmente, porque en cualquier caso, no se puede obviar la posibilidad de que dichos núcleos se encuentren en zonas del yacimiento aún no excavadas.

Un posible punto de afloramiento secundario para el Tipo D, parece haber sido localizado en el lecho del río Montlleó a aproximadamente 5 km de La Roureda, el cual podría tratarse de una fuente de captación directa de materia prima. Esperamos que en un futuro podamos localizar exactamente el afloramiento primario de dicha variedad. También remarcaremos la similitud que guardan los nódulos recuperados en el lecho del río Guadalope, aunque a mucha más distancia del abrigo que el anterior afloramiento secundario mencionado, no se debe descartar un posible contacto de poblaciones e intercambio de materias primas líticas.

En todo caso, el hallazgo de diversos afloramientos de sílex y la discriminación de estas 5 variedades de sílex nos muestra que los pobladores del abrigo contaron con cierta diversidad de recursos abióticos en un radio local y regional, hecho que les permitió la manufactura de todo tipo de útiles.

El análisis de la corticalidad de la industria lítica y de los propios núcleos nos ha aportado también una serie de datos. En aquellos tipos presentando un índice de corticalidad relativamente destacado, podemos presuponer el transporte de los nódulos de materia prima al yacimiento (Tipo A-I); en otros casos, parece tratarse de núcleos configurados previamente a su llegada al mismo (Tipo A-II y Tipo B). Finalmente, podemos entrever el uso diferencial de determinadas variedades de sílex, así por ejemplo, el Tipo C aparece casi dedicado en exclusiva a la talla microlaminar, lo que podría indicar su llegada bajo forma de soporte.

La compilación de todos los datos expuestos hasta ahora en este trabajo constituyen el primer estudio y hasta la fecha el más exhaustivo, sobre la economía de los recursos abióticos desarrollada por los grupos humanos de cazadores-recolectores del norte del País Valenciano, aproximándonos al conocimiento sobre el uso del territorio por parte de los pobladores del abrigo de la Roureda y a la interpretación sobre la gestión de sus recursos abióticos (fig. 214).

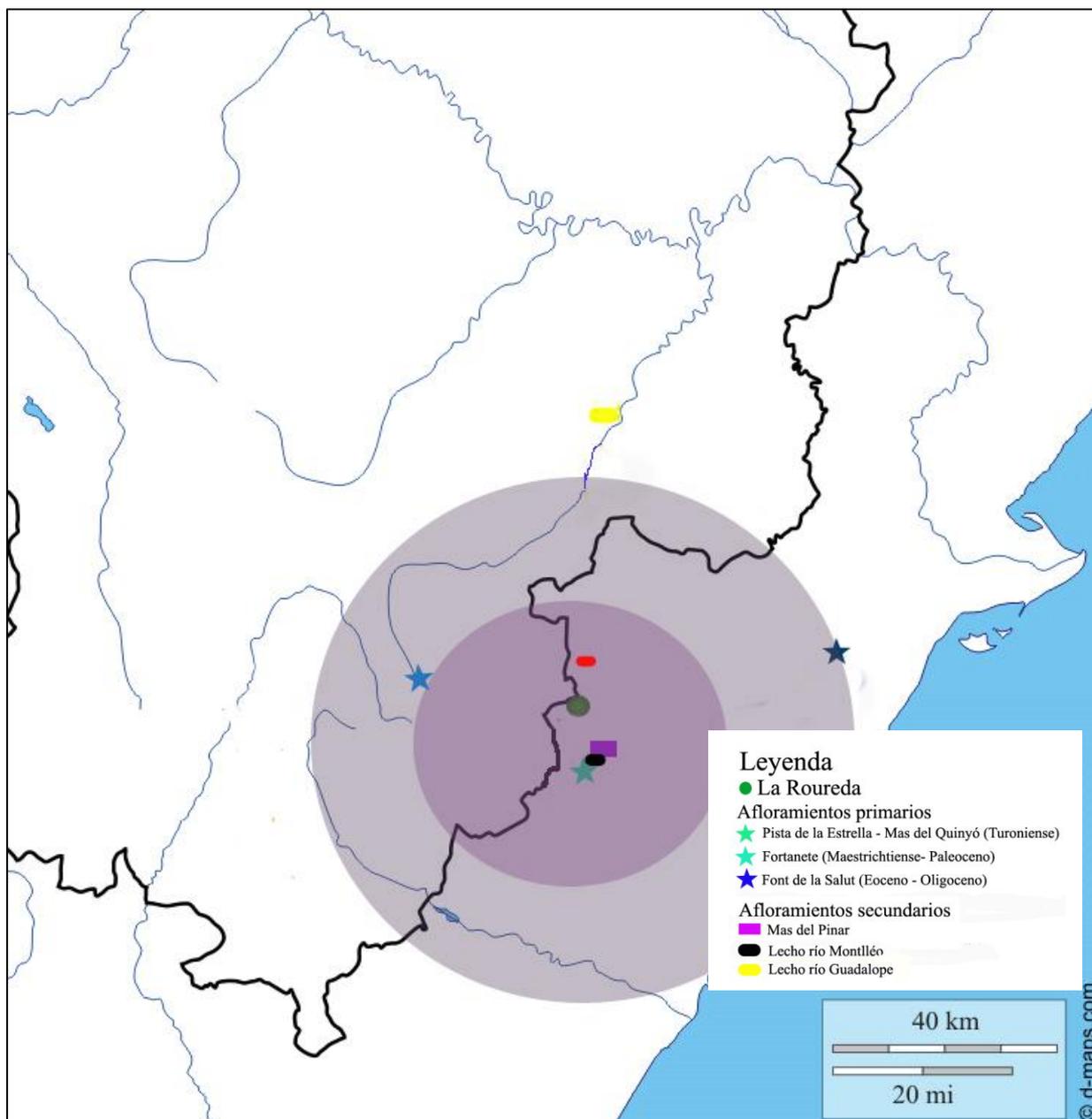


Fig. 214. Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que relaciona el yacimiento de La Roureda con los afloramientos – primarios y secundarios- de material síliceo susceptible con el abastecimiento del mismo.

En este mapa se han incluido los puntos de afloramiento: Pista de la Estrella - Mas del Quinyó (Turonense), Fortanete (Maestrichtiense - Paleoceno), Font de la Salut (Eoceno - Oligoceno), como afloramientos primarios. Como afloramientos secundarios podríamos destacar el punto de afloramiento del lecho del río Montlleó, el lecho del río Guadalope y por último Mas del Pinar.

### **8.3 Analíticas complementarias: resultados y valoración**

Tal y como se ha explicado con anterioridad, las muestras relacionadas con el abrigo de L'Hort de la Boquera encierran una dificultad añadida a uno de nuestros propósitos: la discriminación de la variedad evaporítica o Tipo 1-1 en relación al conjunto de afloramientos correspondientes a diferentes formaciones evaporíticas: Complejo Ulldemolins, Fm Montsant, Fm Valldeperes (Yesos de Vilaverd, Yesos de Lilla), Fm Pira (Yesos de Pira, Yesos dels Prats y Yesos de Sarral) y Fm Blancafort.

Las técnicas analíticas complementarias aplicadas han sido las siguientes: por un lado, mineralógicas, como la Microscopía Electrónica de Barrido, la Espectroscopía micro-Raman y la Difracción de Rayos X; y por otro, geoquímicas, como la Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser. En algún caso su aplicación fue simultánea, información que debe de tenerse en cuenta en la lectura.

Gracias a las técnicas mineralógicas pudieron ser descartadas todas las formaciones mencionadas quedando el Complejo Ulldemolins como única fuente de materia prima, para ajustar un poco más la procedencia de dichas muestras, la geoquímica entró en juego. Uno de los propósitos de la aplicación del ICP-MS-LA fue la discriminación de la variedad evaporítica o Tipo 1-1 en relación a los 7 puntos diferentes de afloramiento del Complejo Ulldemolins. El propósito final era, por consiguiente, discriminar si un punto de afloramiento fue más explotado que otros.

Junto a estos objetivos principales, al tener la oportunidad de poder aplicar dichas técnicas también se han analizado algunas muestras relacionadas con el Tipo 2 y el Tipo 3 para despejar algunas dudas y caracterizarlas de una manera más detallada.

Por otro lado, las muestras relacionadas con el abrigo de La Roureda han podido ser discriminadas prontamente mediante las técnicas clásicas de discriminación de materias primas silíceas (macroscopía y microscopía óptica). Sin embargo y para contar con algunos ejemplos, se han aplicado algunas de estas técnicas complementarias a un reducido número de muestras para completar su caracterización.

Al final de cada apartado se encuentran unas conclusiones y una valoración de la aplicación de dicha técnica a las muestras escogidas.

### 8.3.1 Análisis mediante Microscopía Electrónica de Barrido (MEB)

La Microscopía Electrónica de Barrido es una técnica que permite determinar texturas a mayor escala y precisión que la microscopía óptica, además de proporcionar microanálisis de elementos.

El objetivo básico para nuestra investigación ha sido el poder complementar la caracterización de las muestras arqueológicas y geológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera. No obstante, se ha creído conveniente analizar también dos muestras arqueológicas con alto contenido micropaleontológico procedentes del abrigo de La Roureda con el propósito de caracterizarlas más a fondo.

Se han analizado un total de seis muestras arqueológicas: tres correspondientes a sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común", una correspondiente a sílex "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional", una correspondiente a sílex "Tipo 2" o "Sílex de carófitos", una muestra correspondiente a sílex "Tipo 3" o "Sílex negro", una muestra correspondiente a sílex "Tipo B" y una muestra de sílex "Tipo D".

También se han analizado un total de 11 muestras geológicas, procedentes de las siguientes formaciones: Formación Montsant (2), Complejo Ulldemolins (3), Formación Valldeperes (1), Formación Pira (1), Formación La Serra Llarga (2) y Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca (2).

Por lo tanto y haciendo balance, se han analizado un total de 16 muestras mediante esta técnica.

#### 8.3.1.1. Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera

##### 1) Muestra "HB04.H7.294". "Tipo 1 Variedad 1" o "Sílex evaporítico común"

La textura de la muestra revela varias características; en la matriz de la muestra se observa que la sílice ha precipitado de manera amorfa para posteriormente cristalizar en cristales euhédricos y en los huecos ha tenido lugar el crecimiento de grandes calcedonias. En la zona del córtex se observan moldes negativos de lenticulas de yeso que habían formado parte de él anteriormente pero que se han disuelto (fig. 215). El análisis realizado a la muestra nos indica su homogeneidad, es 100% sílice.

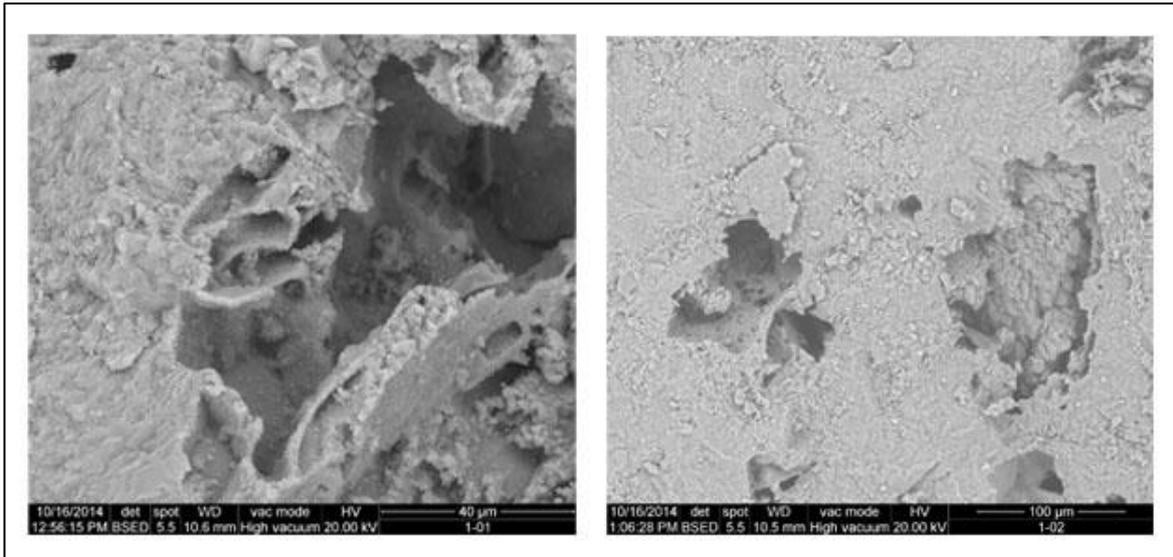


Fig. 215. Muestra " HB04.H7.294". Izquierda: Moldes negativos de lentículas de yeso halladas en el córtex de la muestra (40  $\mu\text{m}$ ). Derecha: matriz silíceas que precipita en los huecos en forma de cristales euhédricos (100  $\mu\text{m}$ ). Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

2) Muestra "HB12.H6.1044". "Tipo 1 Variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional"

El aspecto general de esta muestra es homogéneo, con total ausencia de cristales bien formados, tratándose de una pasta silíceas amorfa (fig. 216).

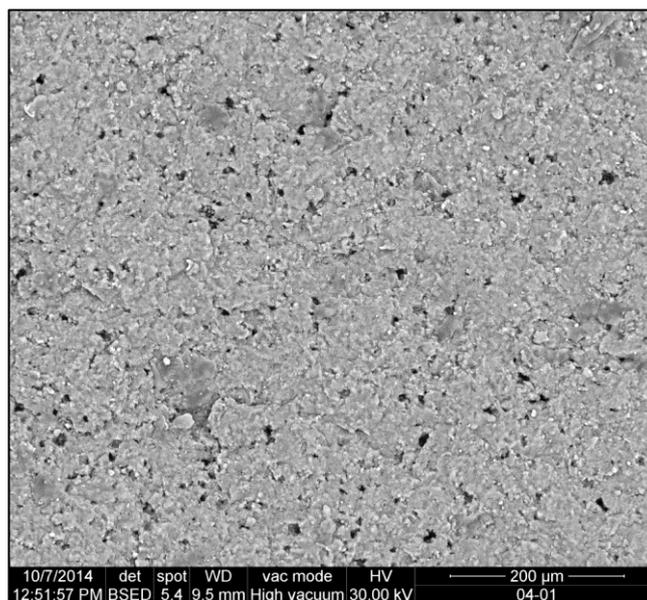


Fig. 216. Muestra "HB12.H6.1044". Matriz silíceas amorfa correspondiente al sílex arqueológico Tipo 1 variedad 2. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

En el microanálisis realizado destaca que esta muestra contiene minerales de las arcillas, los cuales contienen englobadas trazas de titanio (fig. 217), así como trazas importantes de hierro, elemento que explicaría su color rojo intenso.

Se hallan también algunos cristales de calcita que podrían pertenecer a la roca caja original.

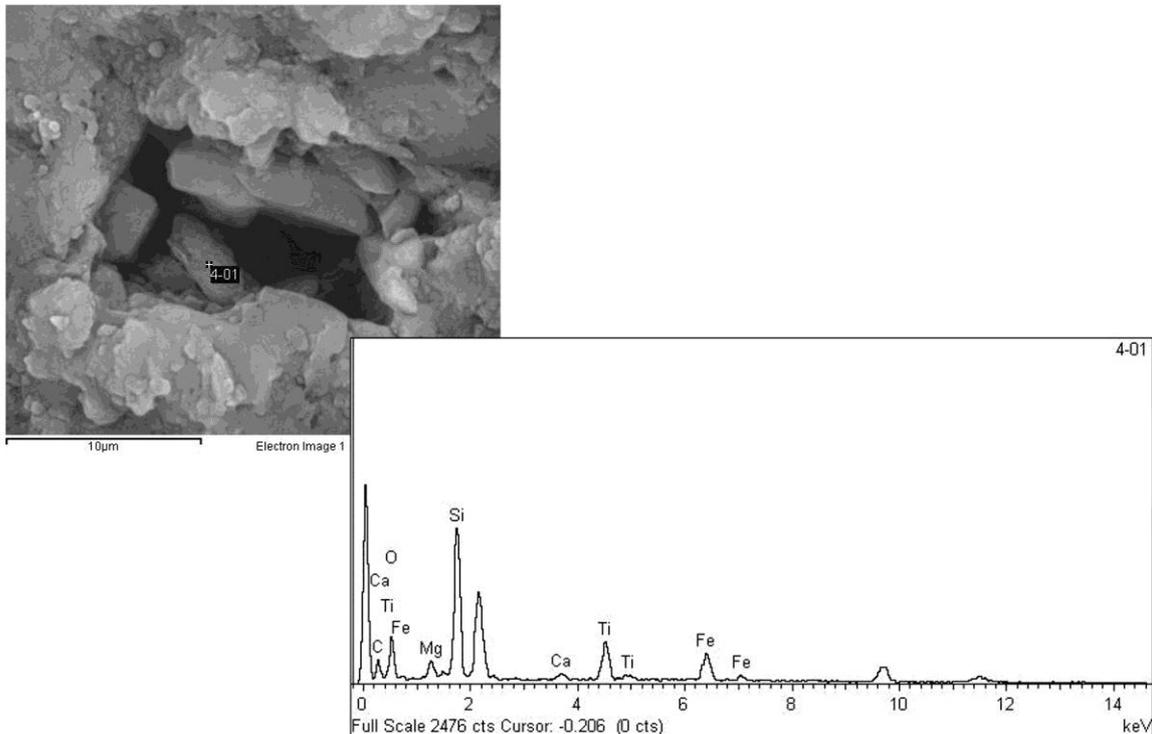


Fig. 217. Muestra "HB12.H6.1044". Instantánea del cristal analizado y su espectrograma semicuantitativo asociado, donde se muestra que el titanio es un elemento importante a destacar. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 3) Muestra "HB12.E7.404". "Tipo 2" o "Sílex de carófitos"

De esta muestra destaca la diferencia textural que provoca la pátina en relación a la matriz original del sílex (fig. 218); no se ha realizado ningún tipo de microanálisis porque este tipo de sílex es claramente diferenciable texturalmente, por otras técnicas menos costosas.

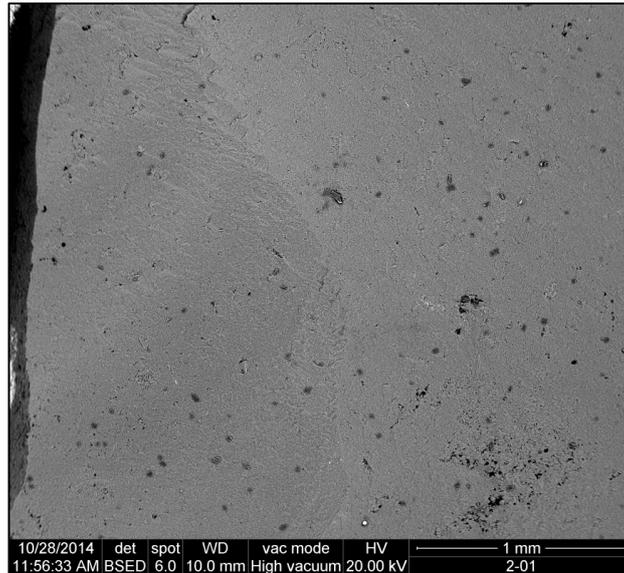


Fig. 218. Muestra " HB12.E7.404" donde se muestra la diferencia textural que provoca la pátina (zona más oscura de la izquierda) de la zona de la superficie sílicea sin pátina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 4) Muestra " HB13.H8.179". "Tipo 3" o "Sílex negro"

En esta muestra se observa que la matriz está compuesta por pasta de sílice amorfa conteniendo abundantes cristales romboidales (30% del total), muchos de ellos disueltos, dónde sólo observamos su molde negativo (fig. 219).

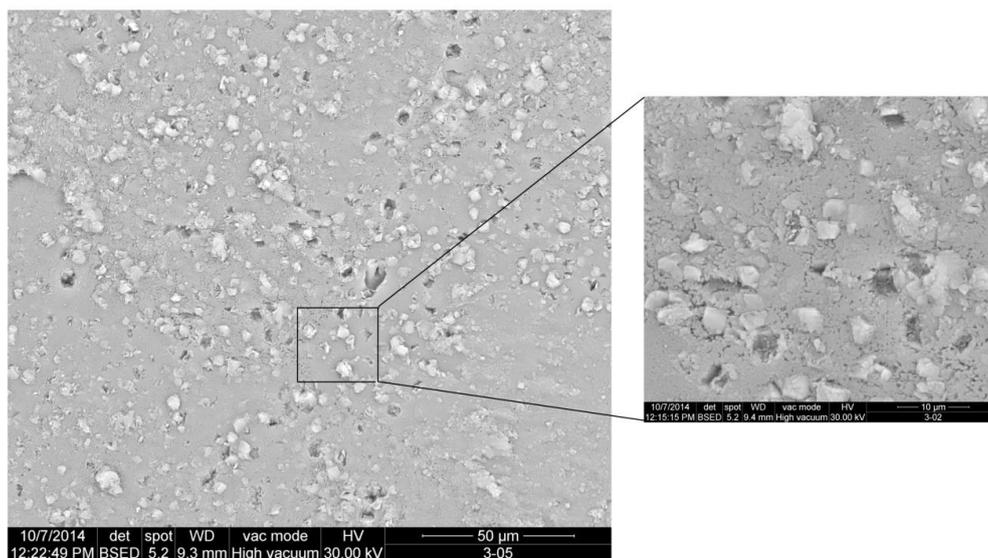


Fig. 219. Muestra "HB13.H8.179". Visión general de la muestra y detalle de los cristales romboidales así como de sus moldes negativos. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al analizar varios de los cristales romboidales comprobamos que se trata de cristales de dolomita silificados (fig. 220). En la muestra se observan también algunos cristales de yeso (2% del total).

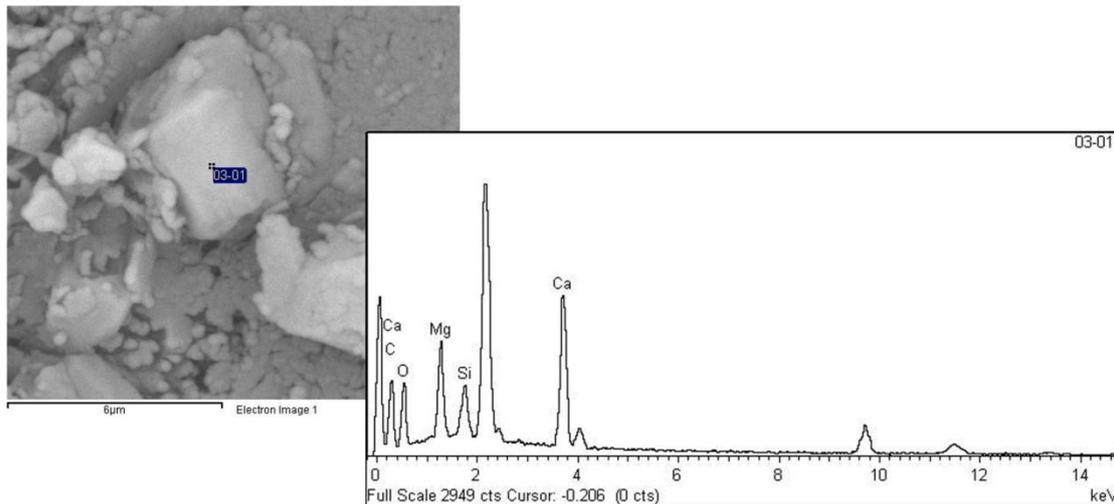


Fig. 220. Muestra "HB13.H8.179". Visión de un cristal romboidal de la muestra y espectrograma semicuantitativo de elementos que confirman que el cristal es de dolomita. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Tal y como hemos observado anteriormente, la matriz tiene un aspecto de gel de sílice, con agregados de microesferas, donde han podido crecer los cristales de dolomita *a posteriori* (Dra. Bustillo, com.pers.) (fig. 221).

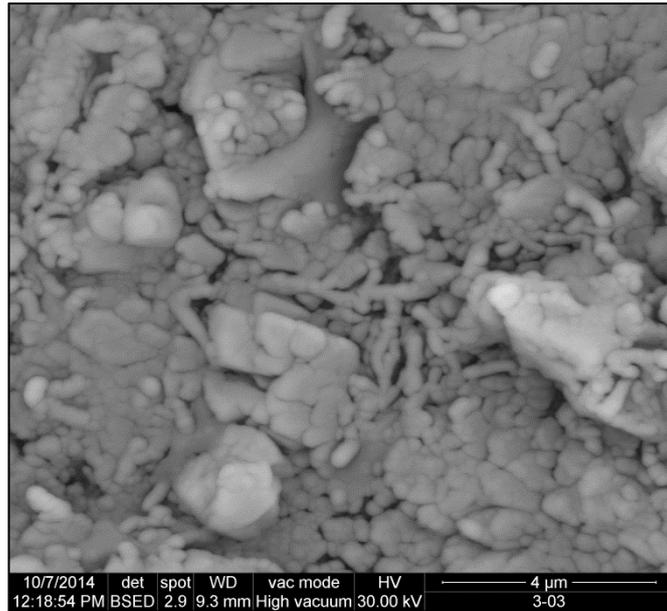


Fig. 221. Muestra "HB13.H8.179". Detalle de los agregados que forman las microesferas de la sílice para configurar la matriz de la muestra. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 8.3.1.2 Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera

##### 5) Muestra "Cabacés III". Fm Montsant, nivel inferior I de conglomerado

Esta muestra tiene algunas particularidades que la diferencian claramente de otras. Presenta calcedonias laminares y agregados de calcedonias que forman esferas de calcedonia. En el centro de muchas se observan unas esferas con relieve de formas casi perfectas, aunque a veces sólo se observa el molde negativo de las mismas (fig. 222 y 223).

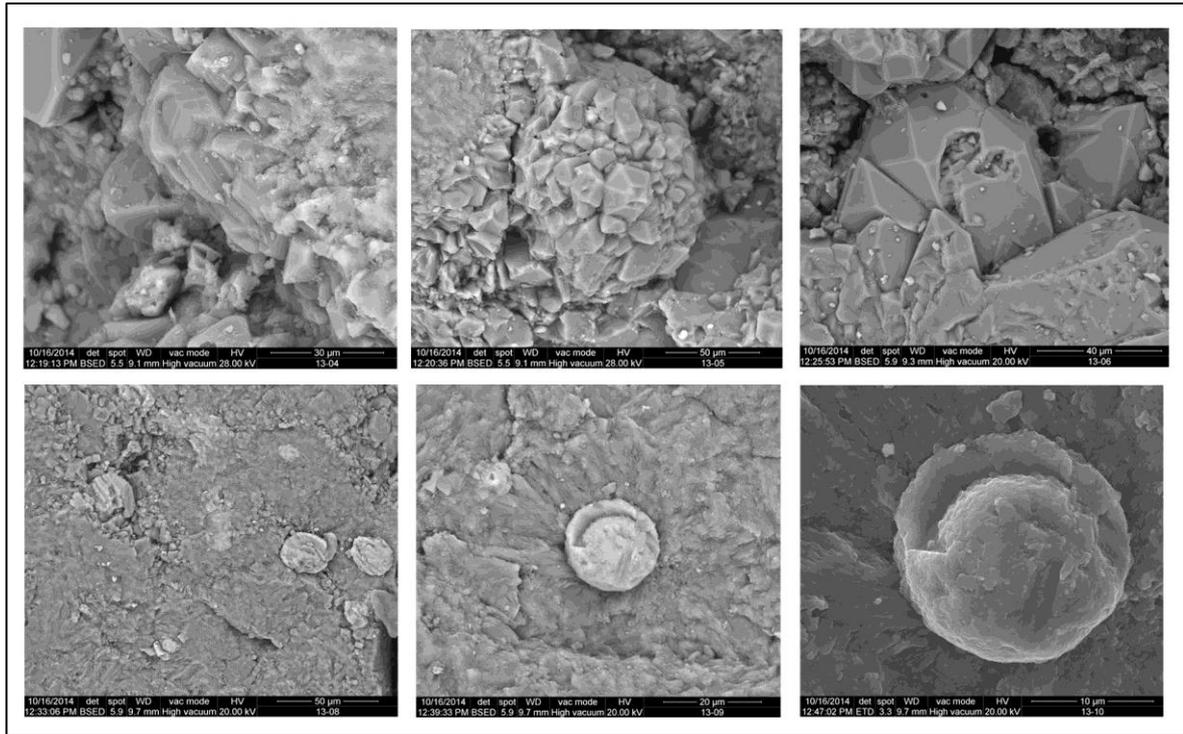


Fig. 222. Muestra "Cabacés III". De izquierda a derecha y de arriba a abajo: calcedonia laminar (30µm); agregado de calcedonias o cuarzo (50µm); cristales de cuarzo (40µm); cristales maclados de megacuarzo (50µm); espora oxidada que ha nucleado en el centro de la calcedonia (20µm); detalle de la espora (10µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

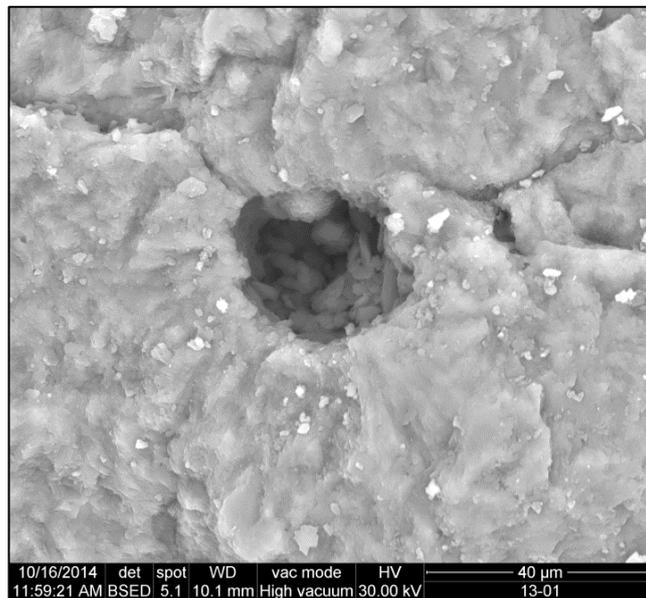


Fig. 223. Muestra "Cabacés III". Molde negativo observado en el centro de una calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Después de algunos microanálisis, donde se obtiene  $\text{CaCO}_3$  así como silicato férrico, se llega a la conclusión de que estas esferas, o en su defecto, sus moldes negativos, pueden tratarse de microesporas en fase de oxidación (Bustillo y Díaz; 1980) que han nucleado en el centro de algunas calcedonias (fig. 224).

El análisis con microscopio óptico no nos permitía discriminar este elemento por lo que la utilización del microscopio electrónico ha sido muy útil en este caso.

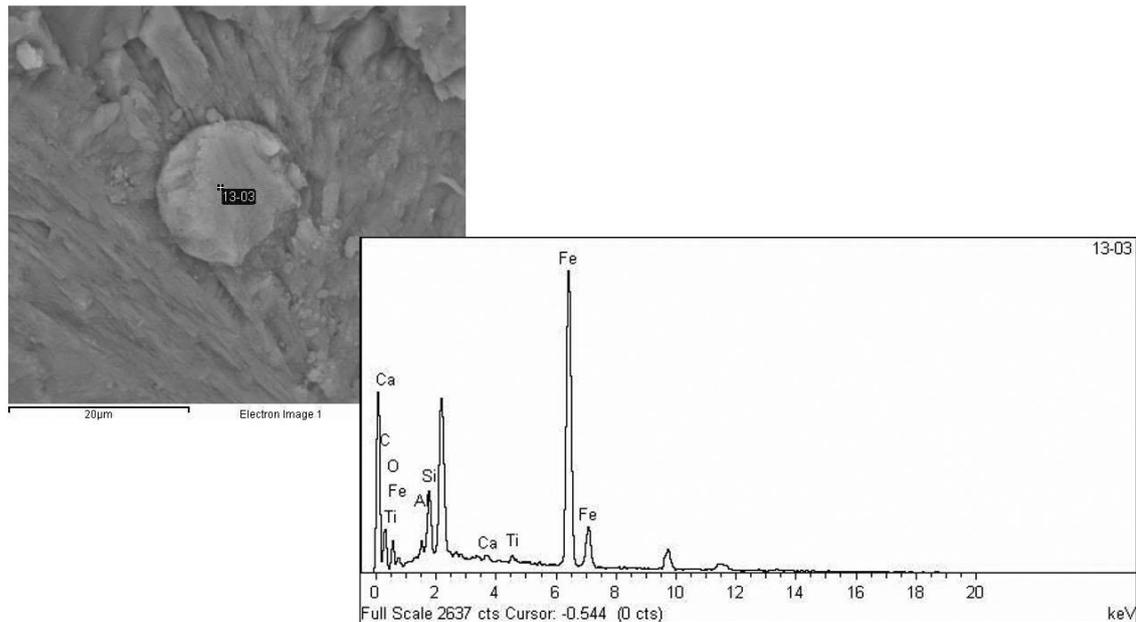


Fig. 224. Muestra "Cabacés III". Instantánea y microanálisis semicuantitativo de una de las microesporas oxidadas incluidas en el centro de algunas calcedonias. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 6) Muestra "Albarca Conglomerat". Fm Montsant, nivel inferior II del conglomerado

Esta muestra, de matriz silíceas, se caracteriza por contener unas partículas que en lámina delgada se presentaban de color ámbar y al realizar el microanálisis se revela que son partículas de óxidos de hierro. Otra de sus características es el hallazgo de cristales de baritina en el intercrecimiento de los cristales de calcedonia (fig. 225).

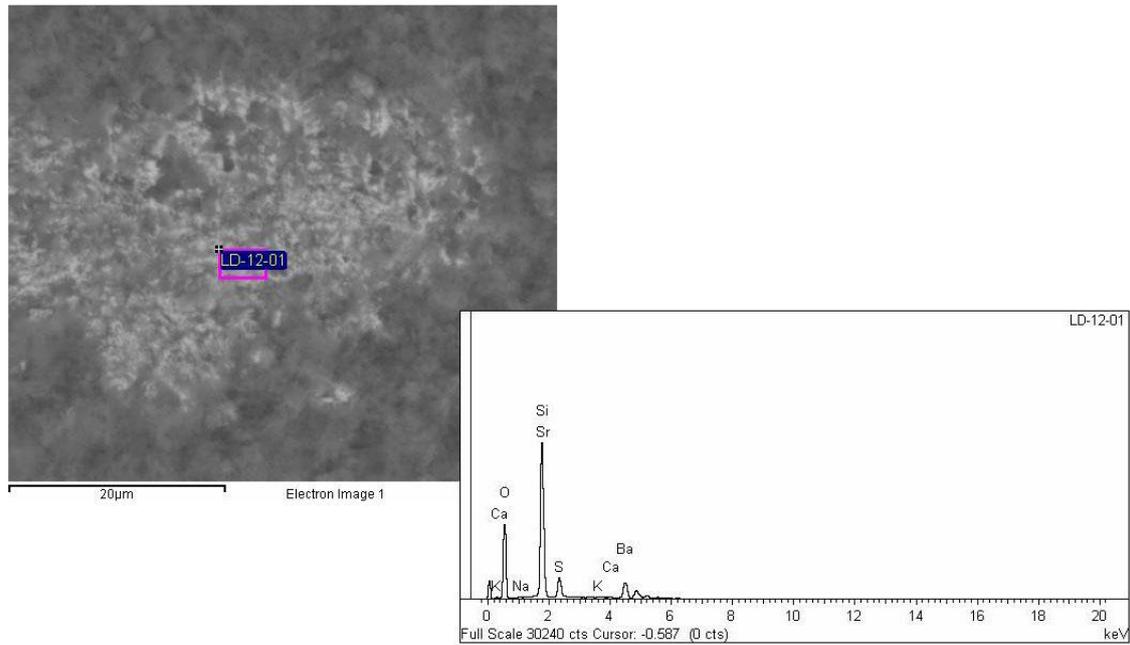


Fig. 225. Muestra "Albarca Conglomerat". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis que demuestra la existencia de sulfato de bario (baritina) que se encuentra en el crecimiento de la calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 7) Muestra "1M". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos B

En esta muestra ("1M") la característica más relevante es el hallazgo de las grandes calcedonias bien formadas, donde se aprecian claramente las fibras radiales que las componen. Se hallan tanto en la matriz como en los huecos de la misma (fig. 226).

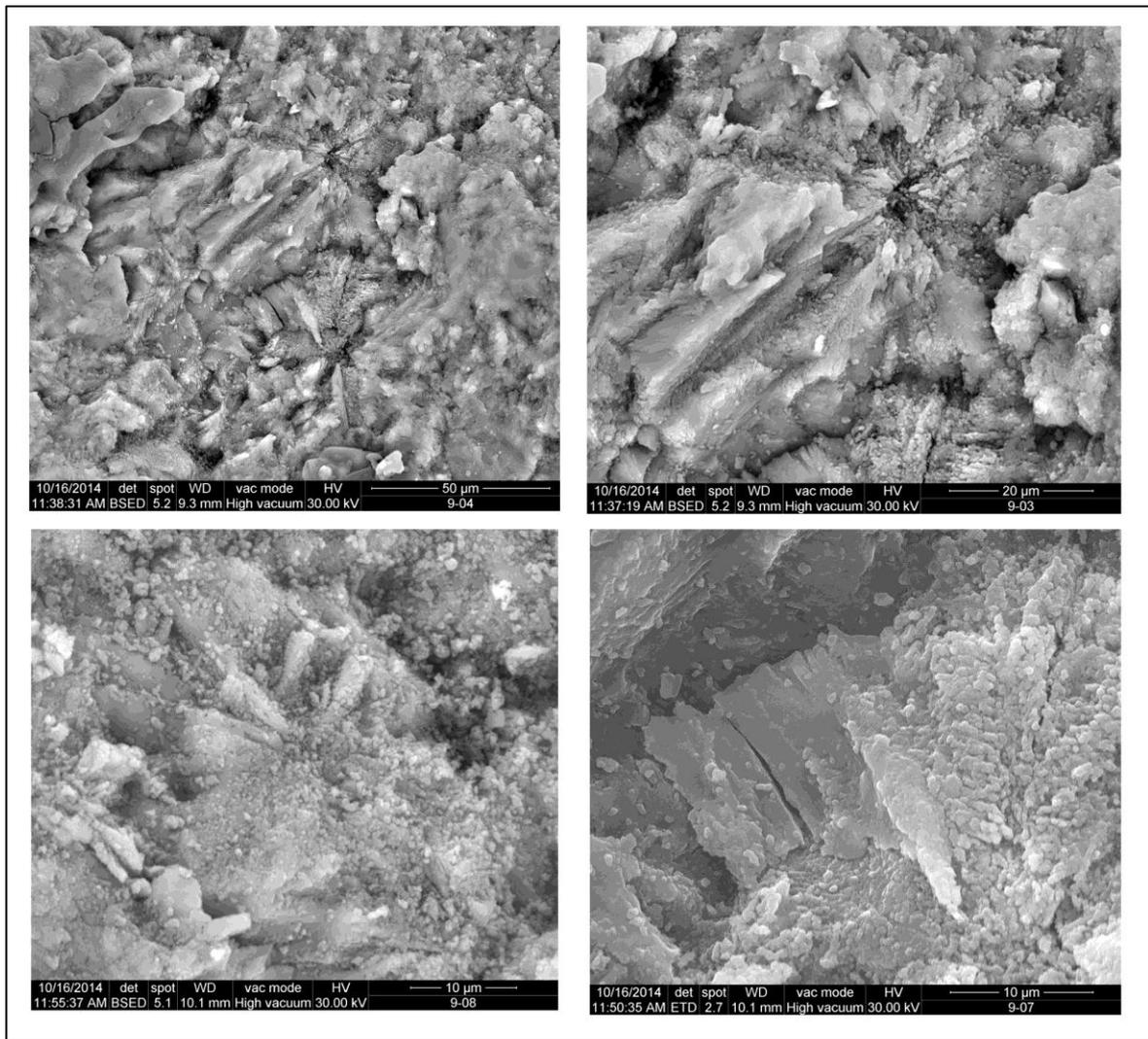


Fig. 226. Muestra "1M". De arriba abajo y de izquierda a derecha: dos calcedonias; detalle de una calcedonia bien formada; calcedonia en proceso de disolución hallada en la zona de la pátina; resto de calcedonia disuelta en zona de la pátina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Esta muestra se halla patinada y al analizar esa zona observamos que las calcedonias han sido afectadas por el mismo proceso de patinación, quedando relictas por la disolución sufrida (fig. 227).

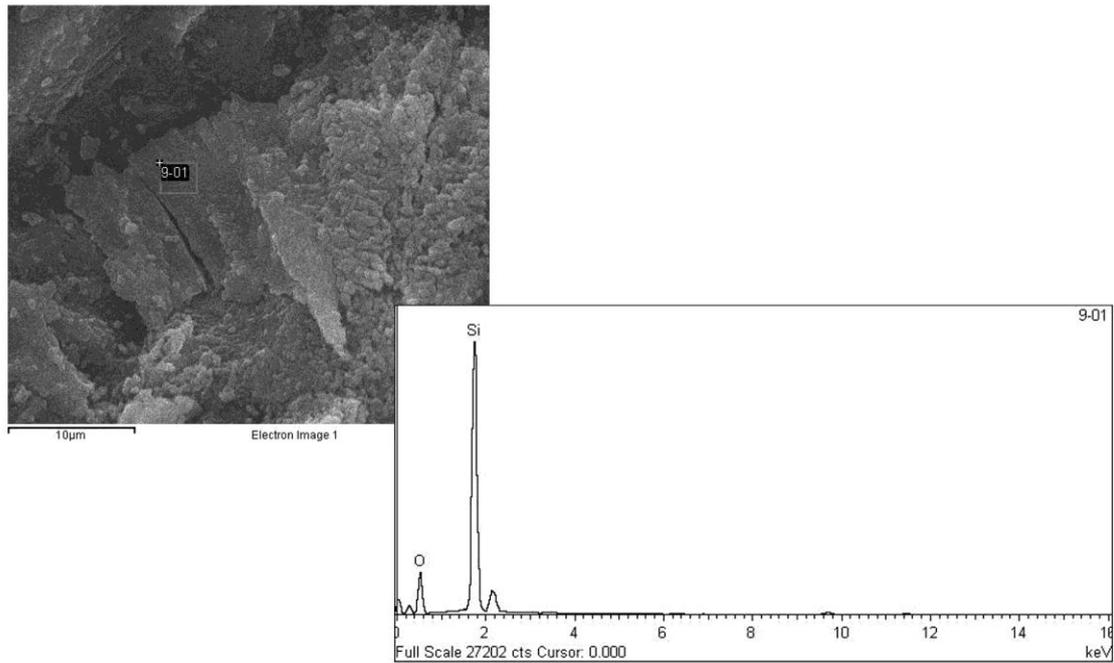


Fig. 227. Muestra "1M". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del análisis de una calcedonia en disolución. Muestra 1M. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 8) Muestra "AU". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos C

En esta muestra se observan cristales bien formados de cuarzo en la matriz y cristales de yeso en la roca caja, ambos tipos afectados por un proceso de disolución tal y como se aprecia por los huecos que presentan (fig. 228).

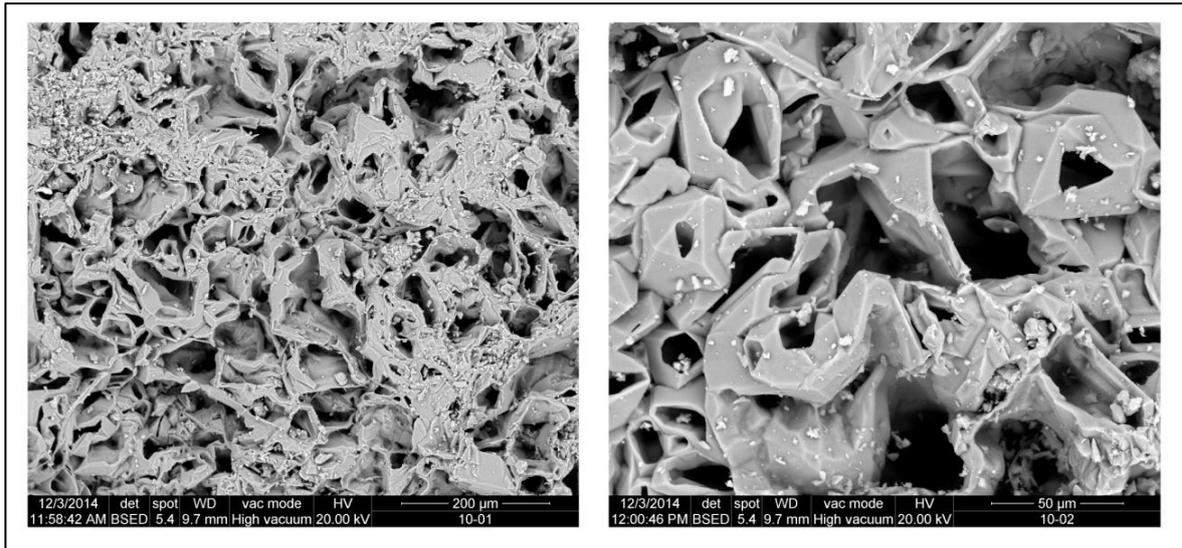


Fig. 228. Muestra AU. Izquierda: detalle de la porosidad móldica de yesos. Derecha: detalle de los cristales de cuarzo. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Se hallaron también algunos cristales romboidales aislados dispersos por la matriz, que al microanalizar resultaron ser cristales de dolomita (fig. 229).

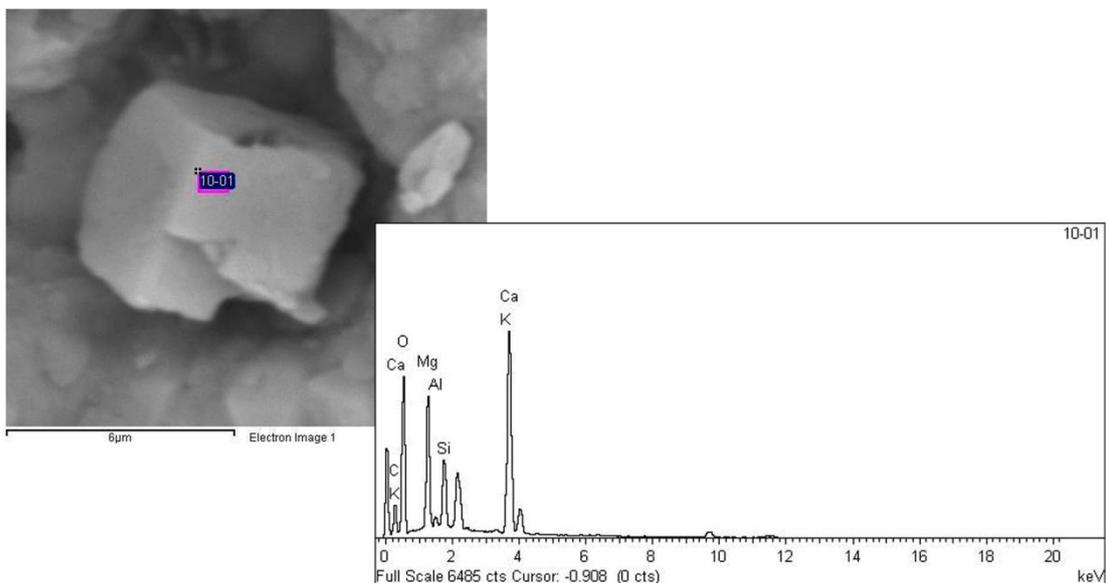


Fig. 229. Muestra "AU". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de un cristal romboédrico aislado de dolomita hallado en la matriz. Microscopio Electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

9) Muestra "Entrada de Albarca". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos D

En esta muestra lo primero que observamos es que se trata de una muestra muy porosa, pero que contiene unas muy bien formadas esferulitas de calcedonia con cristalizaciones de microcuarzo en los bordes de las mismas, dando un aspecto hexagonal de las mismas (fig. 230).

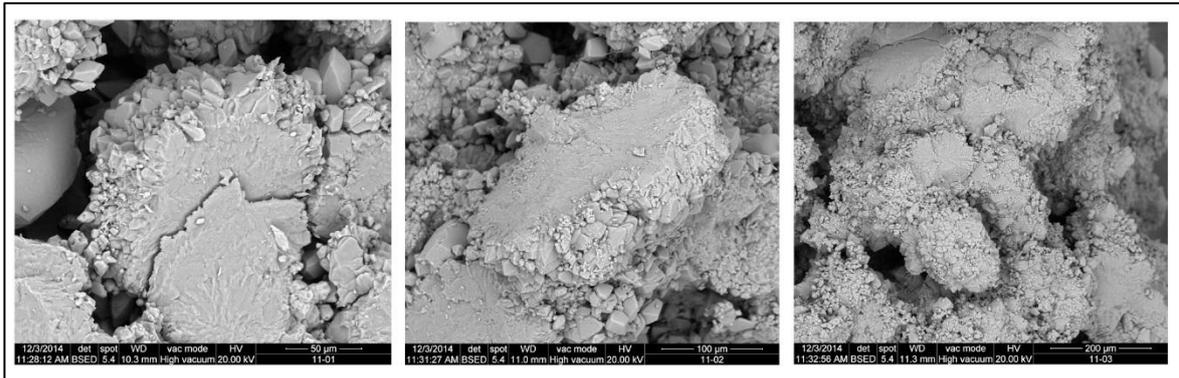


Fig. 230. Muestra "Entrada de Albarca". Izquierda y centro: esferulitas de calcedonia con cristales de microcuarzo en los bordes (50 $\mu$ m). Derecha: vista general de la relación espacial entre las esferulitas de calcedonia (100 $\mu$ m) y los cristales de microcuarzo (200 $\mu$ m). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Analizamos algunos cristales de morfología diferente hallados en la matriz, se trata de cristales de baritina, que según comunicación oral de la Dra. Bustillo se trata de un mineral bastante común en ambientes evaporíticos (fig. 231).

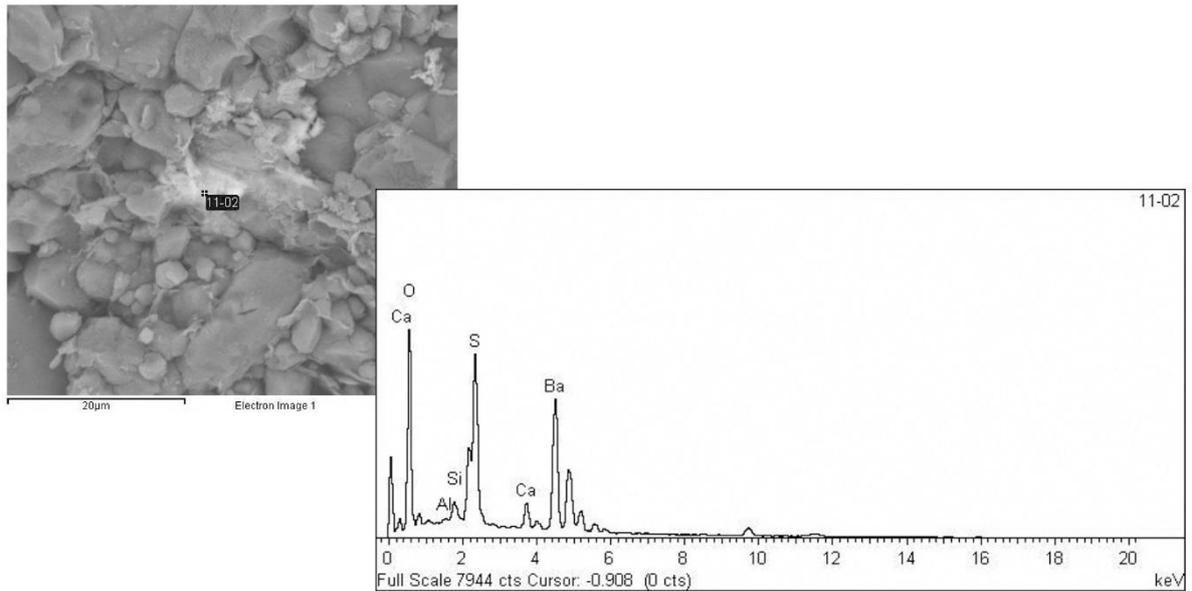


Fig. 231. Muestra "Entrada de Albarca". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis donde se muestra un cristal de baritina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Analizamos la zona de la roca caja de la muestra y observamos que se compone por cristales romboidales de dolomita (fig. 232).

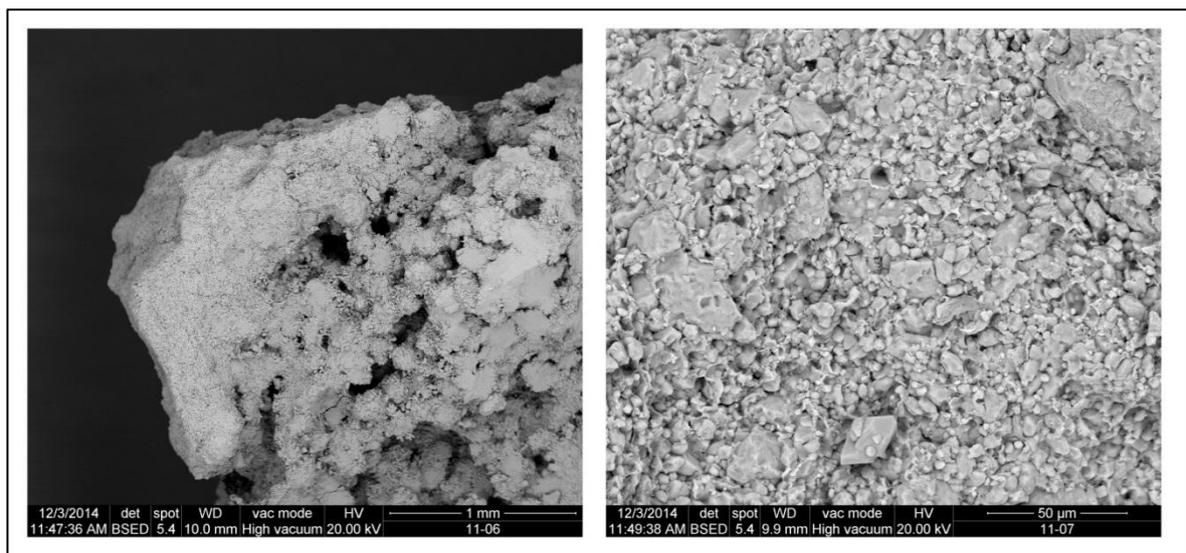


Fig. 232. Muestra "Entrada de Albarca". Izquierda: fragmento de roca caja adherida a la matriz silíceas. Derecha: detalle de los cristales de dolomita que componen la roca caja. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 10) Muestra Lilla. Fm Valdeperes, Yesos de Lilla

En esta muestra hemos observado cristales romboidales de dolomita y algunas arcillas (silicatos magnésicos) dispersos en la matriz silíceo dominante (fig. 233).

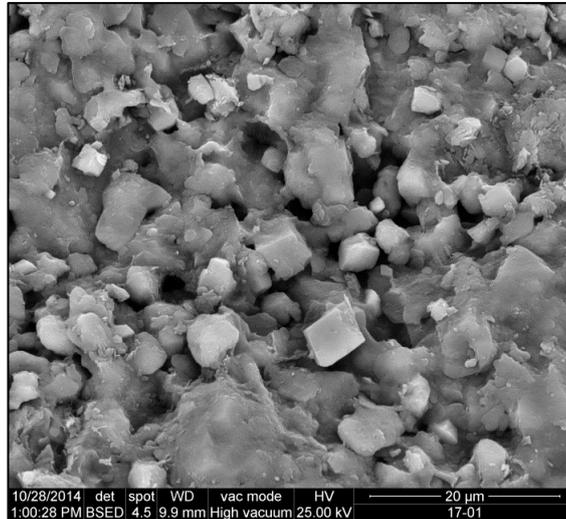


Fig. 233. Muestra "Lilla". Cristales romboidales de dolomita. Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 11) Muestra "Pira". Fm Pira, Yesos de Pira

Esta muestra contiene cristales de megacuarcos coexistentes con cristales de microcuarcos y yeso sin reemplazar relleno de cavidades de la matriz (fig. 234). El hallazgo de estas lenticulas de yeso suponen la verificación del ambiente de formación del sílex.

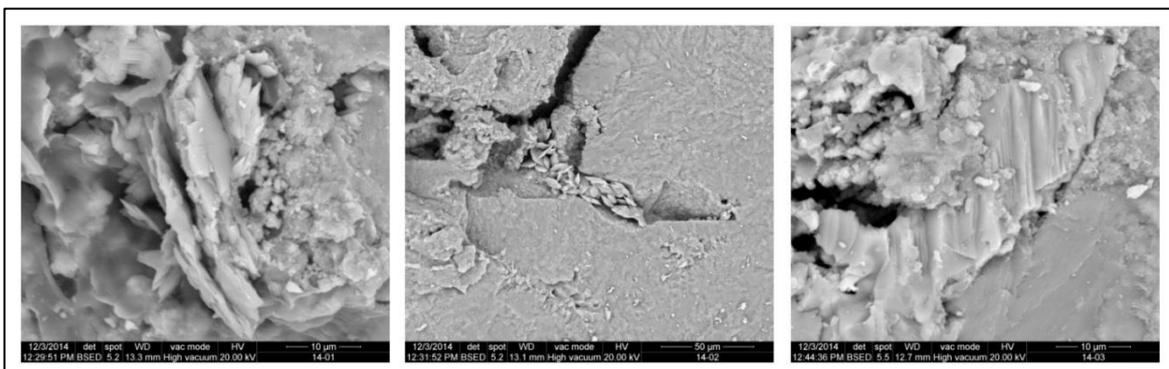


Fig. 234. Muestra "Pira". Tres visiones diferentes de las lenticulas de yeso halladas. Izquierda: exfoliación de un cristal de yeso (10μm). Centro: agrupación de lenticulas de yeso relleno de cavidades silíceas (50μm). Derecha: cristal de yeso calcificado (10μm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Otra información relevante es que las lentículas de yeso, antes de silificarse, sufren un proceso de calcificación, proceso que se ve reflejado en el microanálisis que realizamos con la presencia de CaO (fig. 235).

Hallamos también, aislados entre las calcedonias, algunos cristales de dolomita.

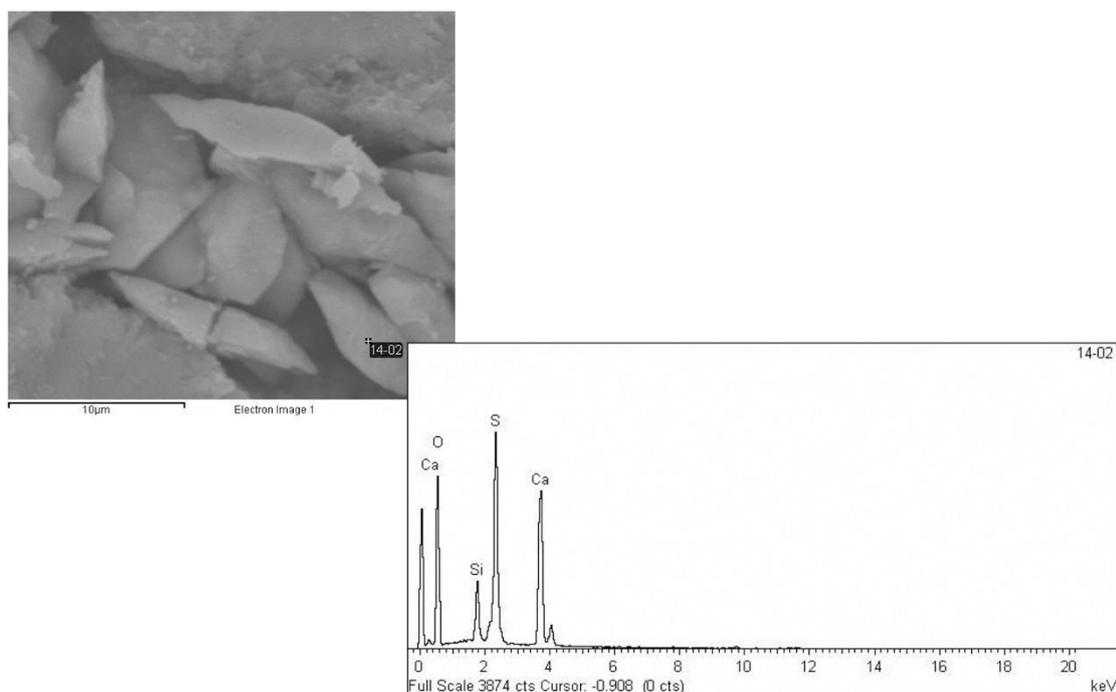


Fig. 235. Muestra "Pira". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de algunas lentículas de yeso relleno de cavidades de la matriz del sílex. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

## 12) Muestra "Algerri". Fm La Serra Llarga

En esta muestra lo primero que observamos es que en la matriz existe una zona de transición donde los cristales de cuarzo tienen un tamaño más grande (megacuarzo) (fig. 236) y algunos minerales de las arcillas aislados.

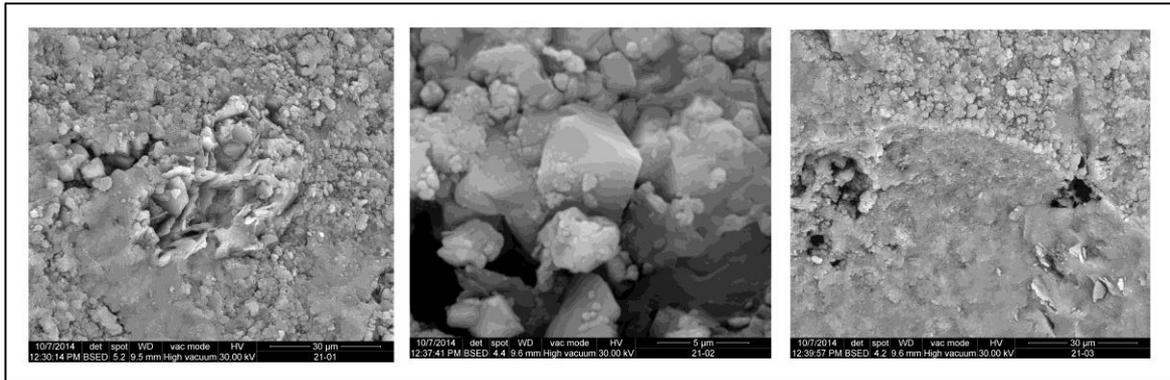


Fig. 236. Muestra "Algerri". Izquierda: mineral de las arcillas (30 $\mu$ m). Centro: agregado de cristales de megacuarczo (5  $\mu$ m). Derecha: visión general de la matriz con la zona de transición claramente observable (30  $\mu$ m). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al microanalizar dichos minerales de las arcillas podemos afirmar casi con total seguridad de que se tratan de illita (fig. 237).

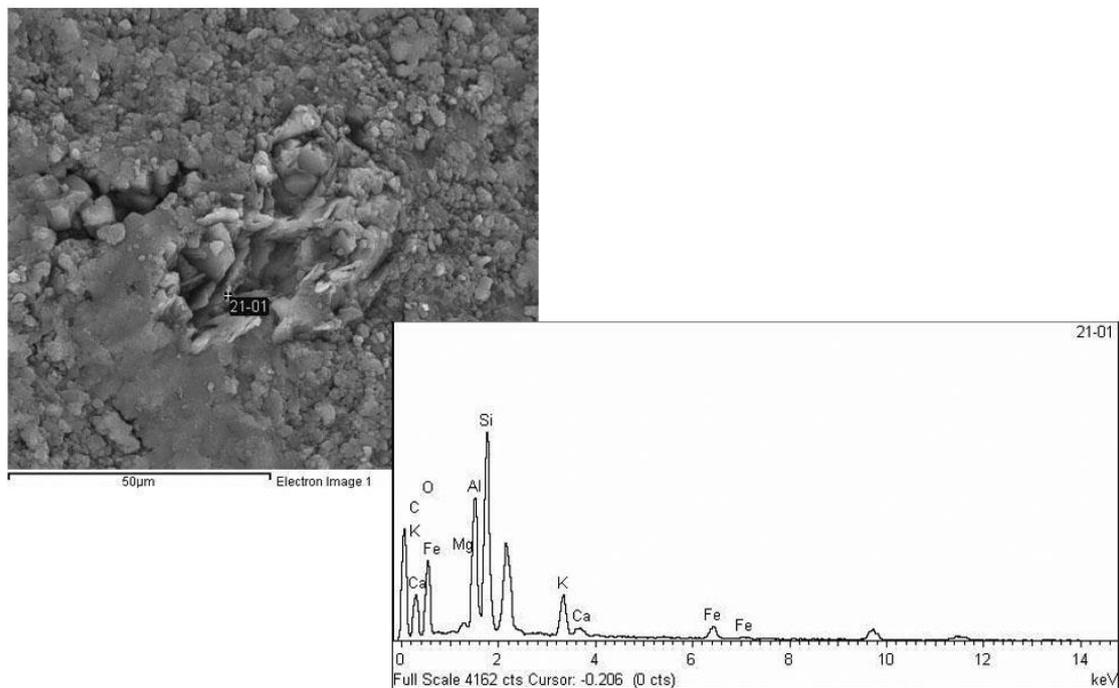


Fig. 237. Muestra "Algerri". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del análisis de un mineral de las arcillas. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC, 2014.

### 13) Muestra "Bellmunt d'Urgell". Fm La Serra Llarga

Al analizar esta muestra hallamos varios elementos que la dotan de una fuerte personalidad:

- Sulfato de bario, o lo que es lo mismo baritina, pero en una cristalización especial, en forma de cristales Hopper.
- Silicato de sodio, posiblemente una zeolita (fig. 238)
- Arcillas ricas en hierro que están englobadas en la matriz silíceosa, se trata de terrígenos oxidados que colorean la muestra.
- contiene uranio y plomo (fig. 239).

Este sílex llamó nuestra atención por su espectacular color rojizo y porque lo relacionamos con el la variedad descrita como Tipo 1-2. Viendo los resultados, esta muestra se destaca totalmente y caracteriza el afloramiento de Bellmunt d'Urgell como afloramiento singular dentro de la Fm La Serra Llarga, distinguiéndose de otros afloramientos pertenecientes a la Serra Llarga más homogéneos como son Algerri y Castelló de Farfanya<sup>20</sup>.

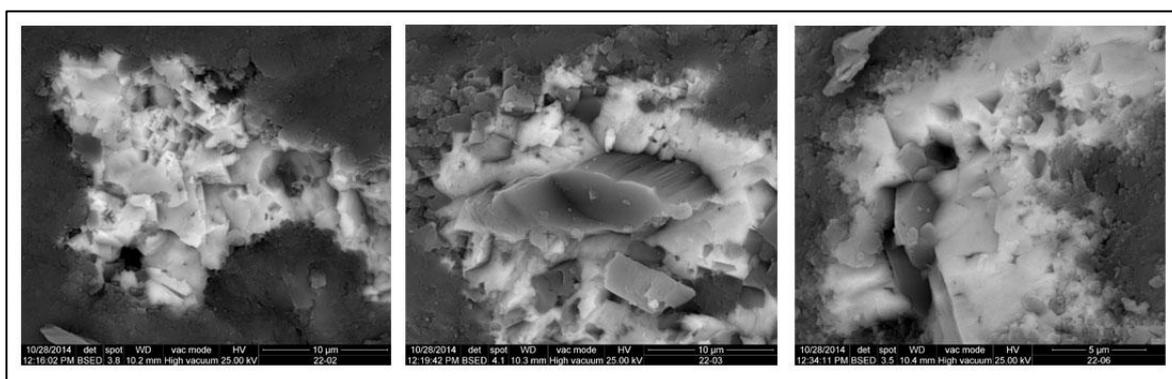


Fig. 238. Muestra "Bellmunt d'Urgell". Izquierda: visión general de la baritina (10 $\mu$ m). Centro: posible zeolita (10 $\mu$ m). Derecha: cristales Hopper de baritina al detalle (5  $\mu$ m). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

<sup>20</sup> Se realizó un microanálisis para la muestra procedente de Castelló de Farfanya haciéndose patente la similitud con la muestra procedente de Algerri, por lo que para no extender demasiado el capítulo se creyó oportuno incluir sólo la muestra procedente de Algerri para representar las muestras de la Fm Serra Llarga.

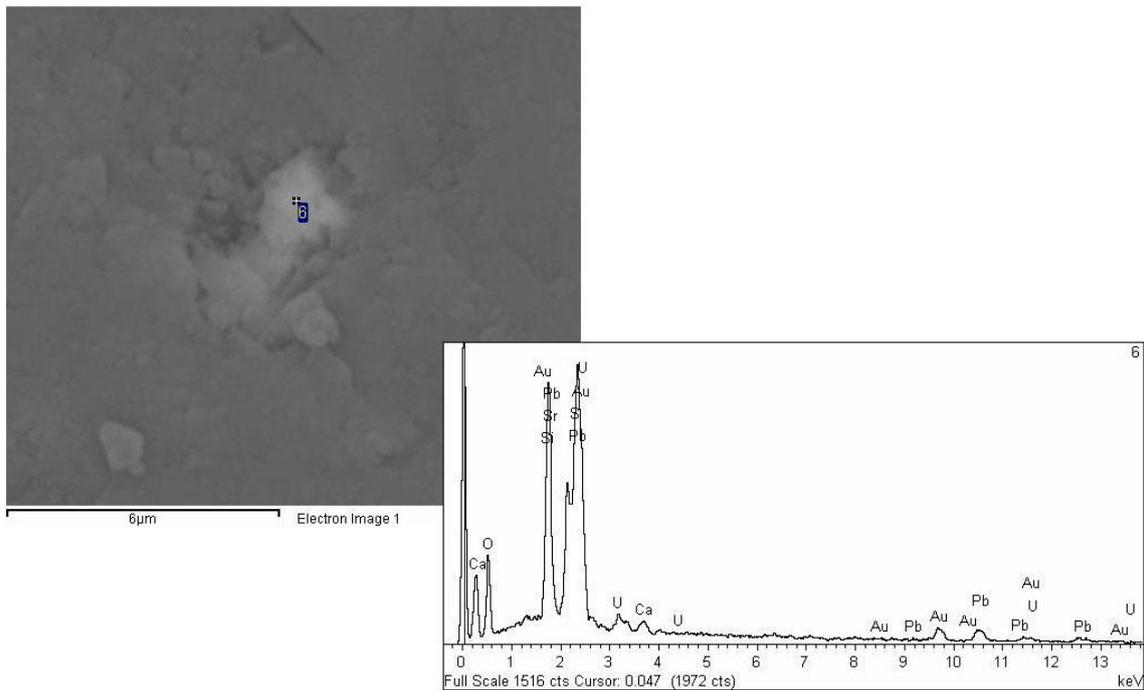


Fig. 239. Muestra "Bellmunt d'Urgell". Instantánea y espectrograma semicuantitativo de una partícula muy fluorescente. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Según comunicación oral de la Dra. Bustillo, el uranio de esta muestra no está englobado por la sílice sino que se encuentra en los terrígenos silicatados, enlazado al aluminio y al potasio de los minerales de las arcillas.

Delante de este hallazgo excepcional se creyó oportuno emplear otra técnica, el mapping efectuado por Espectroscopía por Energía Dispersiva (EDS) y aplicada al momento en el mismo MEB (fig. 240).

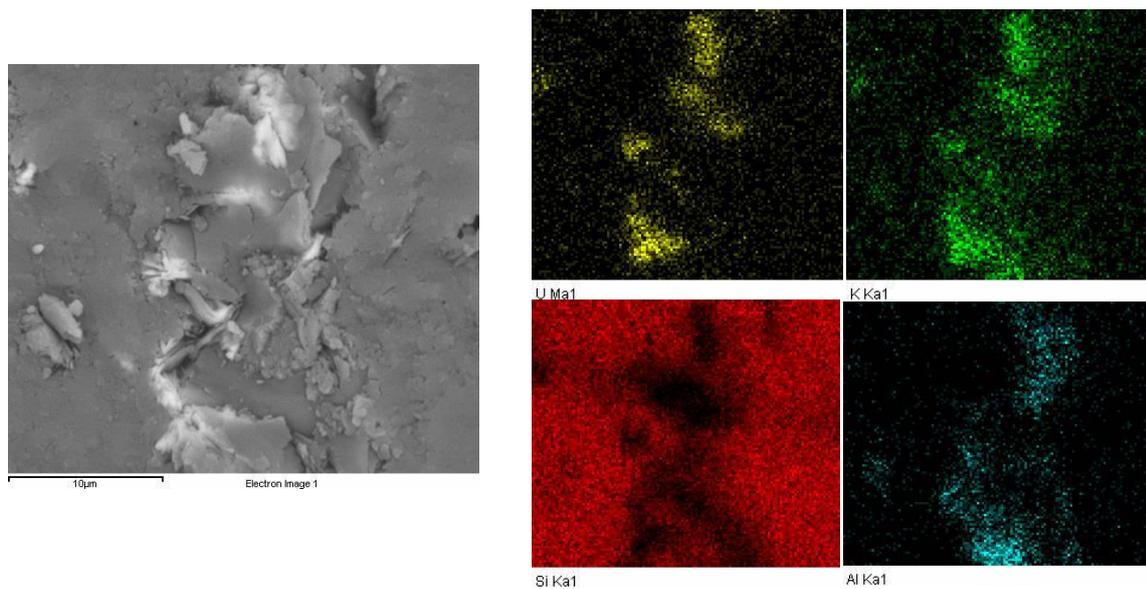


Fig. 240. Muestra "Bellmunt d'Urgell". Izquierda: microfotografía de la arcilla (10µm). Derecha: microanálisis por mapeo (EDS) donde se pueden apreciar la proporción de los elementos hallados distribuidos por zonas; amarillo: uranio; verde: potasio; negro: sílice; azul: aluminio. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 14) Muestra "Fatarella". Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca

Muestra que contiene abundantes cristales de calcedonia así como microesferas y donde se aprecian diferentes texturas, debido a las zonas patinadas del sílex (fig. 241).

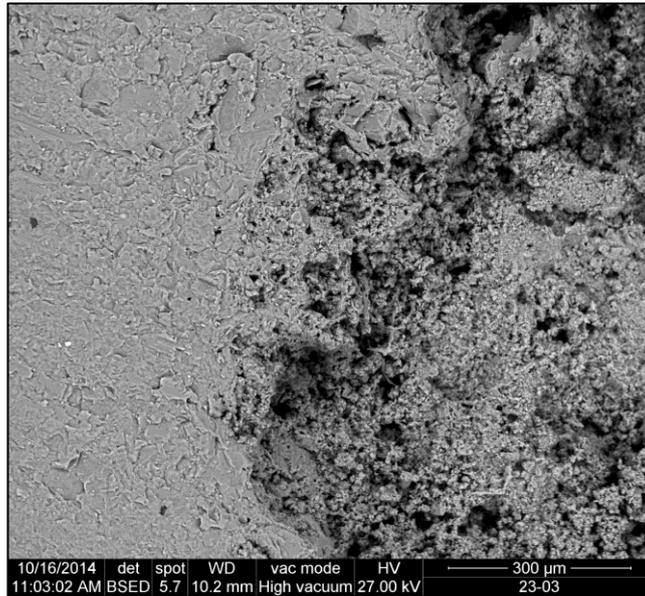


Fig. 241. Muestra "Fatarella". Zona de transición entre la zona patinada y la zona sin patinar. Se observa que la zona patinada es porosa. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Se observan muchas diatomeas, que al microscopio óptico no se apreciaban (solo apreciábamos algunas formas aciculares indeterminadas) las cuales aportan gran personalidad a este tipo de sílex diferenciado su área fuente (fig. 242).

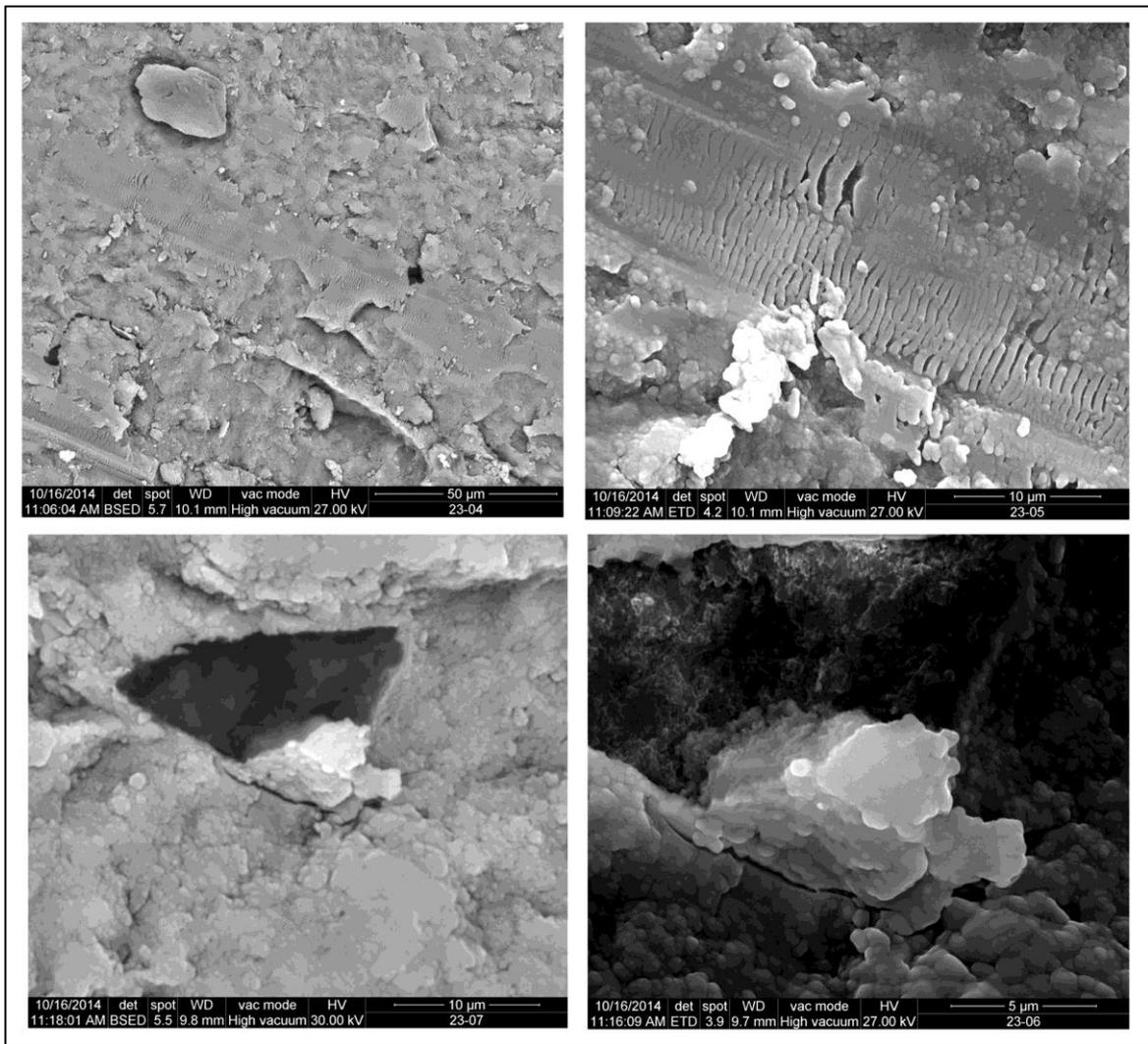


Fig. 242. Muestra "Fatarella". De izquierda a derecha y de arriba a abajo. Diatomea; detalle de diatomea; hueco con calcedonia creciendo en su interior; detalle de la calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

15) Muestra "Ballobar". Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca

Esta muestra presenta una matriz de microesferas de sílice con gran cantidad de algas caráceas dispersas por la misma (fig. 243).

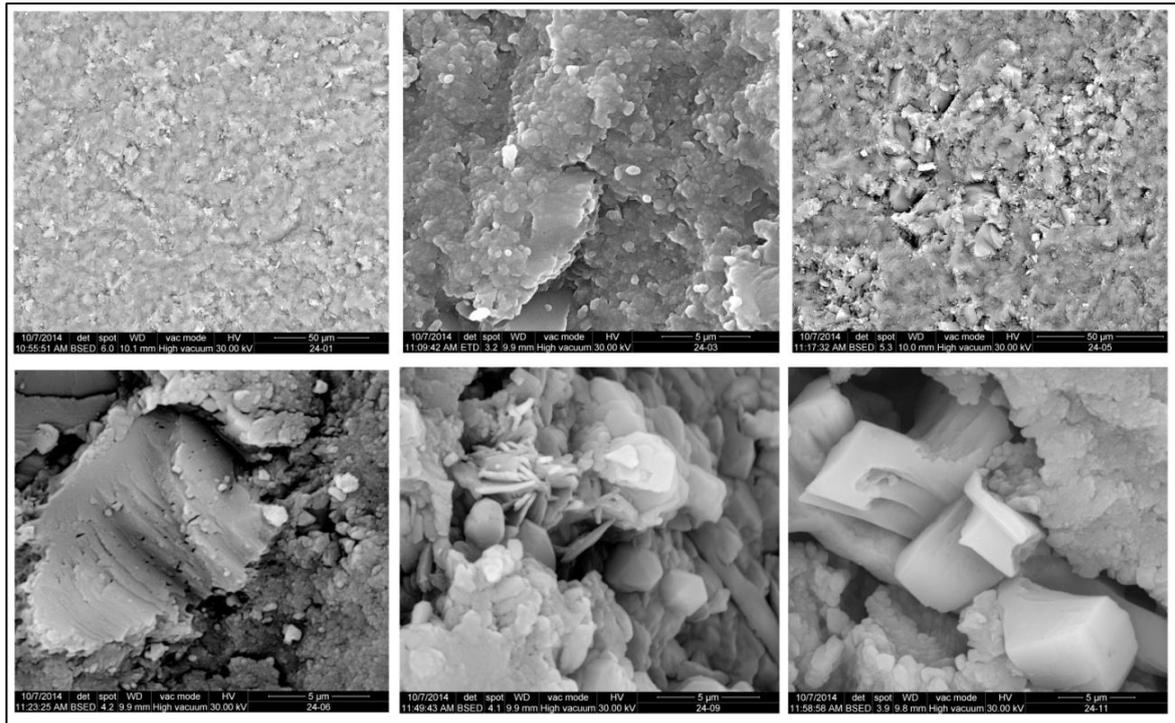


Fig. 243. Muestra "Ballobar". Diferentes instantáneas de la muestra geológica Ballobar. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Visión general de la textura (50  $\mu\text{m}$ ); enfoque en particular de las microsferas de sílice (5  $\mu\text{m}$ ); zona sílicea interior de una carácea (50  $\mu\text{m}$ ); visión de un cristal de calcita laminado (5  $\mu\text{m}$ ); cristales de yeso y cristales idiomórficos de cuarzo (5  $\mu\text{m}$ ); cristales de calcita (5  $\mu\text{m}$ ). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Analizamos en detalle una de las caráceas, tanto su caparazón exterior como su interior (fig. 244). Se observa que aún aparece  $\text{CaCO}_3$  lo cual significa que este tipo de sílex contiene aun restos carbonáticos sin silificar.

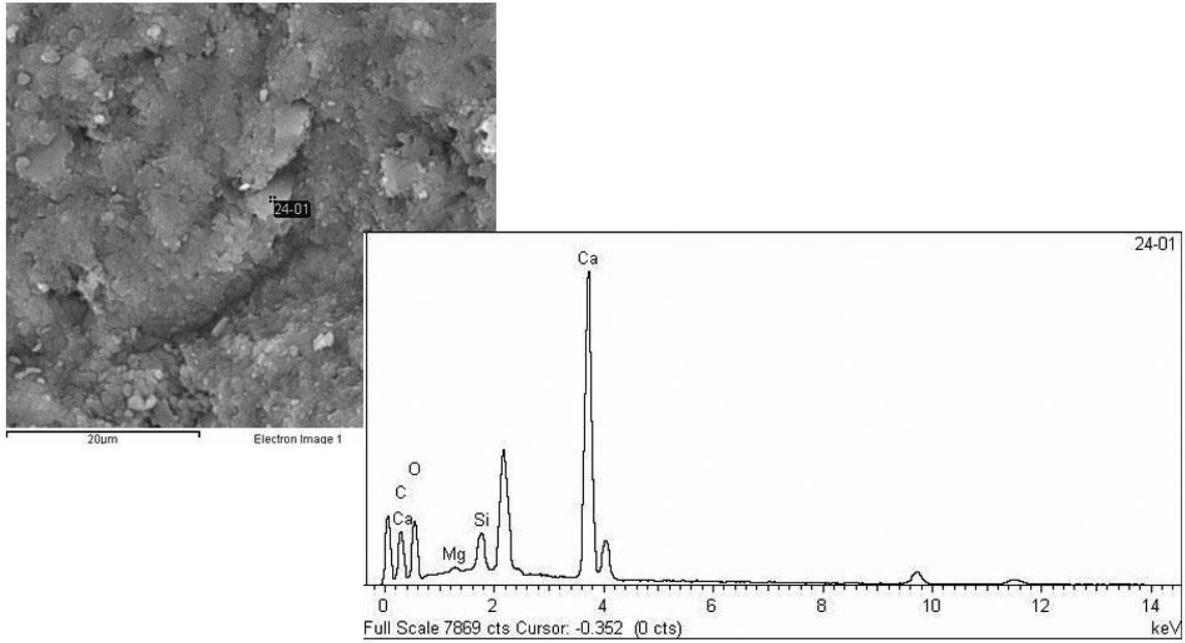


Fig. 244. Muestra "Ballobar". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de la pared de la carácea. Microscopio electrónico (20 μm). Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Como hallazgo excepcional subrayamos la presencia de un posible fitolito (fig. 245).



Fig. 245. Muestra "Ballobar". Posible fitolito hallado en la muestra de Ballobar. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 8.3.1.3. Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda

#### 16) Muestra "7". "Tipo B"

Esta muestra presenta una matriz sílicea bastante homogénea con abundantes carofitos incluidos: éstos casi no se aprecian en relieve porque su estructura está mal conservada (fig. 246).

Los microanálisis que se realizan revelan una contiene una gran cantidad de calcita, indicando que estamos ante un sílex de silicificación baja.

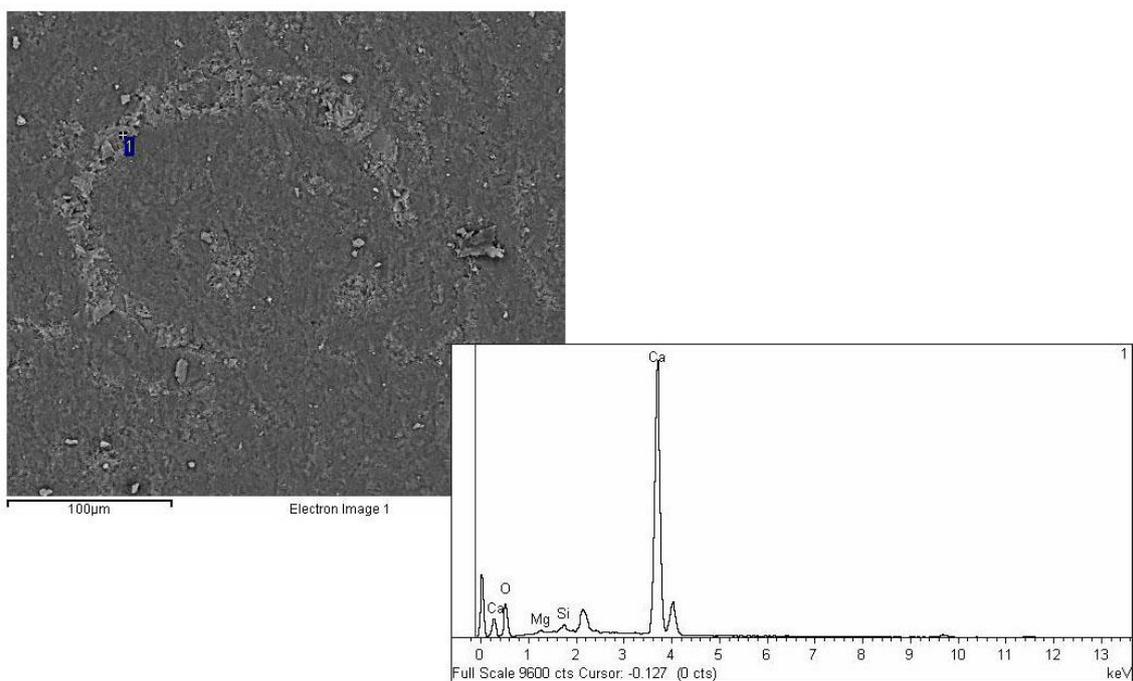


Fig. 246. Muestra "7". Instantánea del fragmento de carofita y espectrograma del análisis general de la matriz. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 17) Muestra "8". "Tipo D"

Texturalmente, observamos un tipo de sílex muy laminado, donde los minerales de la sílice se presentan en sus formas fibrosas.

El análisis general que realizamos sobre este tipo de sílex da como resultado que está compuesto por un 99,9% de sílice y un 0,1% de aluminio.

Un hallazgo interesante de esta muestra es la paligorskita, un mineral de la arcilla con un contenido del 50% en magnesio y un 50% en aluminio. Se trata de un mineral secundario producto de la alteración de silicatos magnésicos (Melgarejo 2003) y existen diversas hipótesis sobre el origen que podrían ayudar a delimitar el origen de este tipo de sílex (Bonatti *et al.* 1971; Pérez-Jiménez 2010) (fig. 247).

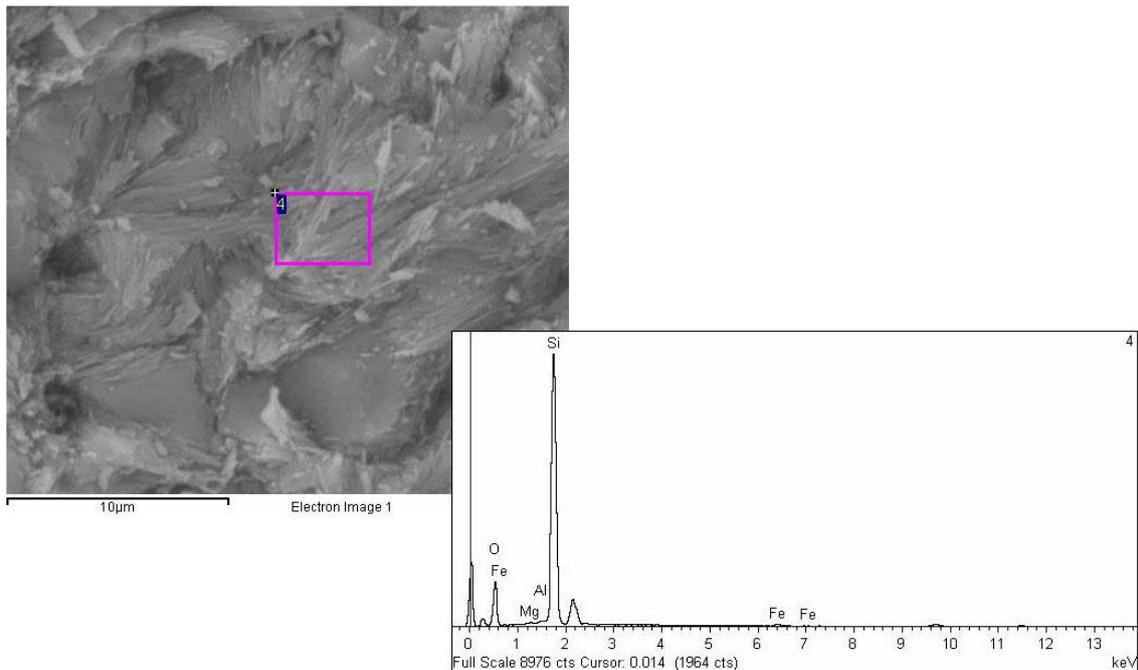


Fig. 247. Muestra "8". Instantánea y microanálisis del mineral de la arcilla hallado (paligorskita). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

#### 8.3.1.4 Conclusiones

Revisando los objetivos iniciales por los cuales se creyó oportuno aplicar esta técnica, centrados en añadir e incrementar los datos de caracterización para una mejor discriminación de tipos silíceos, tanto de las muestras arqueológicas como geológicas, para básicamente, las muestras relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera, podemos afirmar que esta técnica ha aportado muchos datos novedosos y útiles a la investigación.

Por un lado, se han añadido fases +

minerales, texturas y elementos micropaleontológicos a las descripciones previas de los tipos silíceos, enriqueciéndolos y aportándoles en gran medida, una personalidad única que los hace casi exclusivos.

Por otro lado, ha permitido descartar por completo algunos afloramientos geológicos como proveedores de materias primas al yacimiento de l'Hort de la Boquera, como por ejemplo el punto de afloramiento de La Fatarella (perteneciente a la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca) y el punto de Bellmunt d'Urgell (Fm La Serra Llarga); por lo que la investigación, en este sentido, se va delimitando.

Por último, aunque no menos importante, el estudio de las muestras mediante Microscopio Electrónico, siendo una técnica donde cada detalle cuenta, hace posible perder fácilmente la visión general de cualquier análisis. Esta técnica ha servido también como metáfora de que toda investigación debe de acotarse a ciertos límites priorizando datos, habilidad sin duda muy valiosa que debe ser aplicada a cualquier tipo de investigación científica.

### 8.3.2 Análisis mediante Espectroscopía micro-Raman

La Espectroscopía micro-Raman, tal y como hemos visto anteriormente es una técnica que permite determinar minerales a mayor escala y precisión que la microscopía óptica, pero es sobretodo valiosa para el estudio de las rocas silíceas. Dicha técnica detecta fácilmente los picos característicos para la fase mineral del cuarzo, así como el pico característico para la fase mineral de la moganita, pudiéndose cuantificar en relación al cuarzo (Bustillo 2011; Bustillo *et al.* 2012).

Aunque su aplicación no ha sido exhaustiva, el objetivo básico ha sido el poder demostrar la existencia de la fase mineral de la moganita como elemento discriminante en las muestras de sílex de "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común" relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera (las Fm Montsant y el Complejo Ulldemolins), así como, en las muestras de sílex "Tipo 3 o Sílex negro" y distinguirlo de los sílex negros procedentes de la Fm Serra Llarga.

Se ha analizado también una muestra arqueológica de sílex "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional" para observar si existía alguna diferencia importante en relación a la

"variedad 1" o "evaporítica común". Por lo tanto y para hacer balance, se han analizado un total de 9 muestras con esta técnica.

En esta fase avanzada de la investigación se ha creído oportuno agrupar y analizar las muestras según el tipo de sílex discriminado, ya sean de origen arqueológico o geológico.

Por lo tanto, por un lado se han analizado un total de 5 muestras arqueológicas: tres correspondientes a sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común", una muestra correspondiente a sílex "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional" y una muestra correspondiente a sílex "Tipo 3" o "Sílex negro". Por otro lado, se han analizado un total de cuatro muestras geológicas; tres relacionadas con el sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común" y una relacionada con el sílex "Tipo 3" o "Sílex negro":

Para el sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común" se han analizado las siguientes muestras geológicas:

- "Cabacés III" (nivel inferior I de conglomerado, Fm Montsant)
- "Albarca Conglomerat" (nivel inferior II de conglomerado, Fm Montsant)
- "1M" (nivel de yesos B del Complejo Ulldemolins)

Para el sílex "Tipo 3" o "Sílex negro" se han analizado la siguiente muestra geológica:

- "Algerri" (Fm La Serra LLarga)

La mayor parte de las muestras van a ser analizadas directamente sobre muestra de mano, salvo alguna excepción que va a ser analizada sobre lámina delgada. Para las primeras no es necesaria ningún tipo de preparación, pero para las analizadas sobre lámina delgada hay que tener en cuenta un factor: la resina y el pegamento utilizados poseen sus propios picos de frecuencia que debemos conocer para no añadir errores a la medición.

El primer paso necesario es el de determinar los picos característicos de la resina y el pegamento para que no se puedan confundir con picos de otras fases minerales. El espectro resultante es el siguiente (fig. 248):

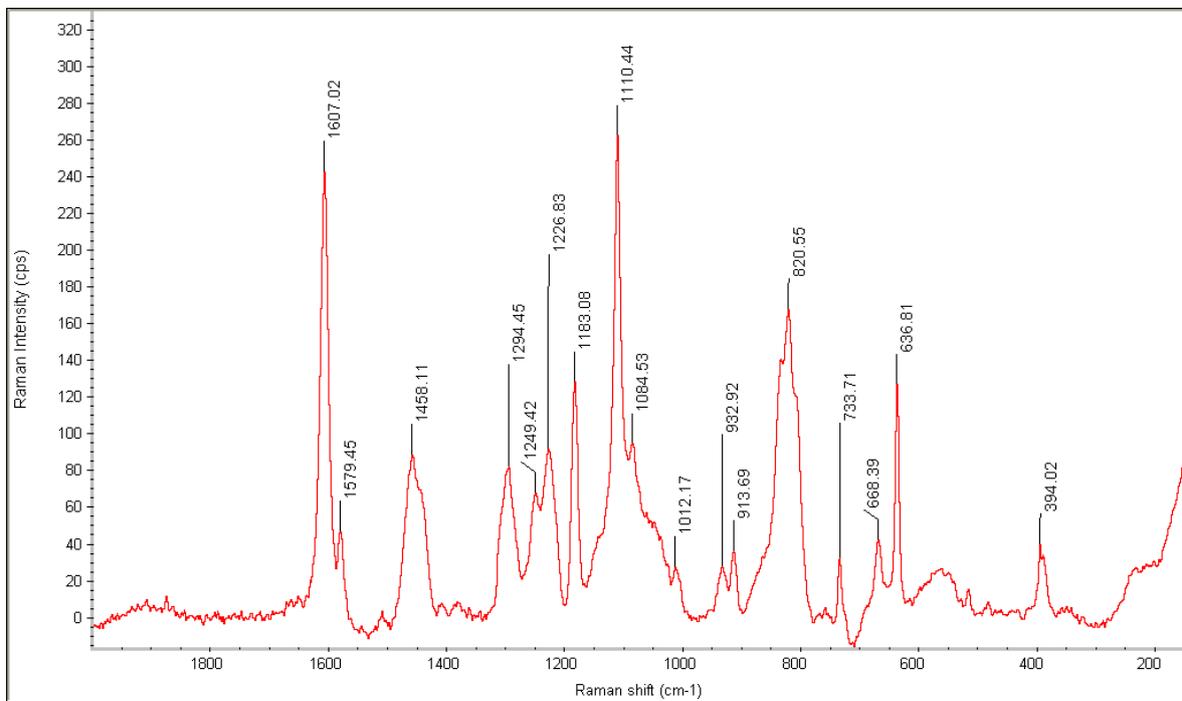


Fig. 248. Espectrograma característico de los picos que presentan la resina y el pegamento en las láminas delgadas. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 8.3.2.1 Comparación analítica de las muestras arqueológicas sílex "Tipo 1" o "Sílex evaporítico" con las muestras geológicas del Complejo Ulldemolins y Fm Montsant.

#### *Muestras arqueológicas*

#### Sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común"

##### 1) Muestra "HB04.H7.294"

Se trata de una muestra arqueológica muy patinada. Primero se analizó una zona de la muestra no afectada por la patinación y el espectro resultante fue nítido con la relación de fases minerales perfectamente observable, apareciendo rápidamente la fase mineral de la moganita (fig. 249). A continuación se analizó una zona más oscura de la muestra donde se apreciaba un

crystal romboidal de Ca/Do. Al realizar el microanálisis aparecieron las fases minerales del cuarzo y la moganita, bien diferenciadas, sin ninguna fase mineral más, por lo que se deduce que el cristal de Ca/Do que analizamos está totalmente silificado, conservando su morfología pero no su mineralogía (cristal reemplazado).

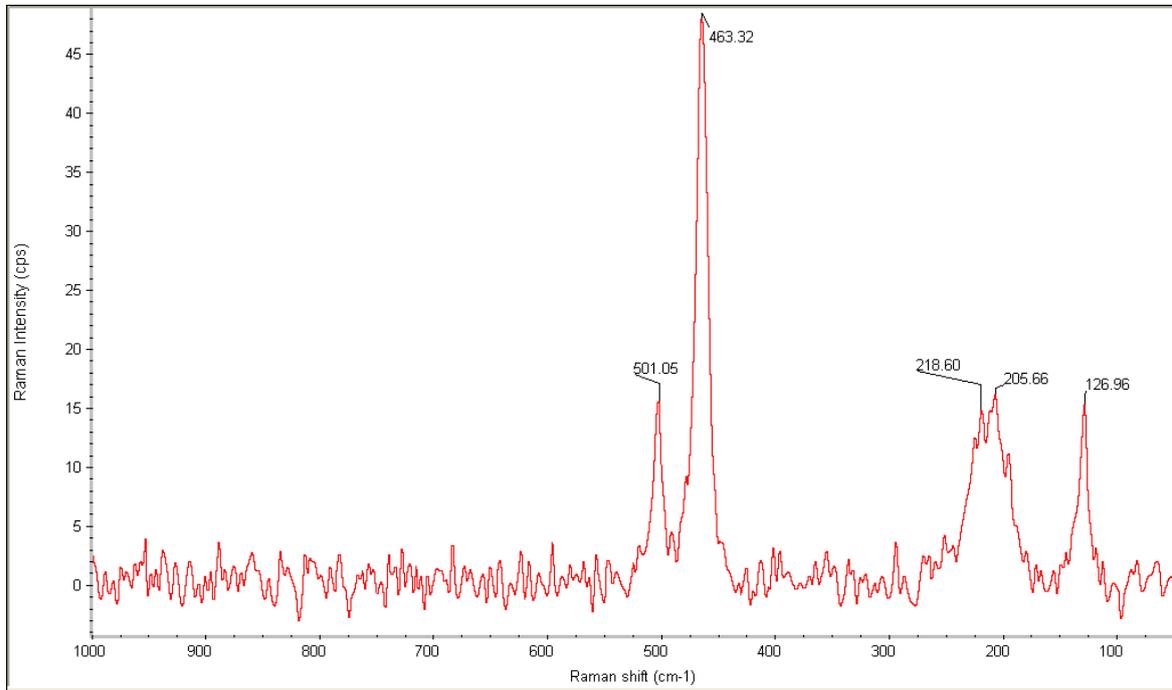


Fig. 249. Espectrograma resultante para la zona no patinada de la muestra "HB04.H7.294" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

A continuación analizamos la zona patinada en busca de diferencias con las zonas no patinadas (fig. 250).

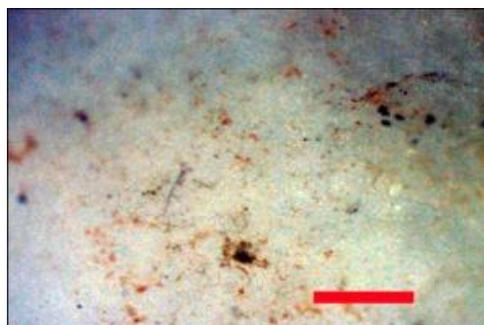


Fig. 250. Instantánea de la zona patinada de la muestra arqueológica "HB04.H7.294" procedente de l'Hort de la Boquera, a escala de 1 mm. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

En las zonas patinadas y tal y como muestra el espectrograma resultante se aprecia también la presencia de moganita, extrayendo como conclusión que la alteración que ha sufrido la muestra (en forma de pátina) no ha afectado a sus fases minerales originales (fig. 251).

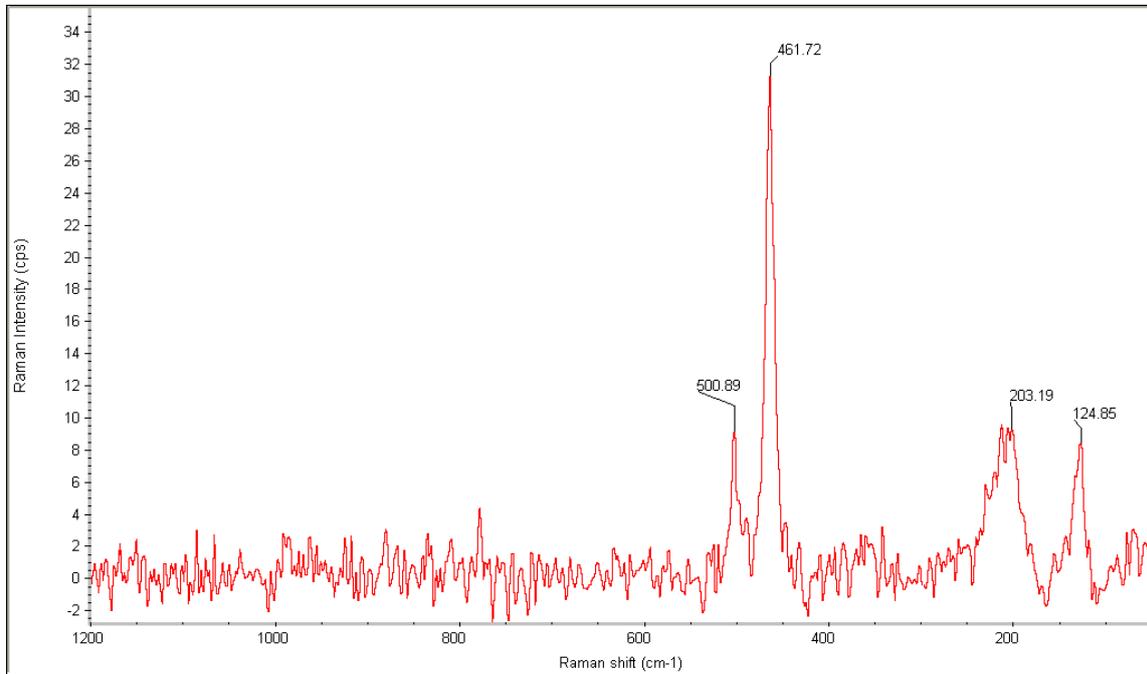


Fig. 251. Espectrograma correspondiente a la zona patinada de la muestra arqueológica "HB04.H7.294" procedente de l'Hort de la Boquera. Podemos apreciar los picos característicos para el cuarzo (461,72; 203,19; y 124,85) y para la moganita (500,89). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

## 2) Muestra “HB05.J5.768”

En primer lugar se analiza una zona de transición entre el córtex y la superficie silíceo (fig. 252) y se obtienen las fases de cuarzo y moganita.

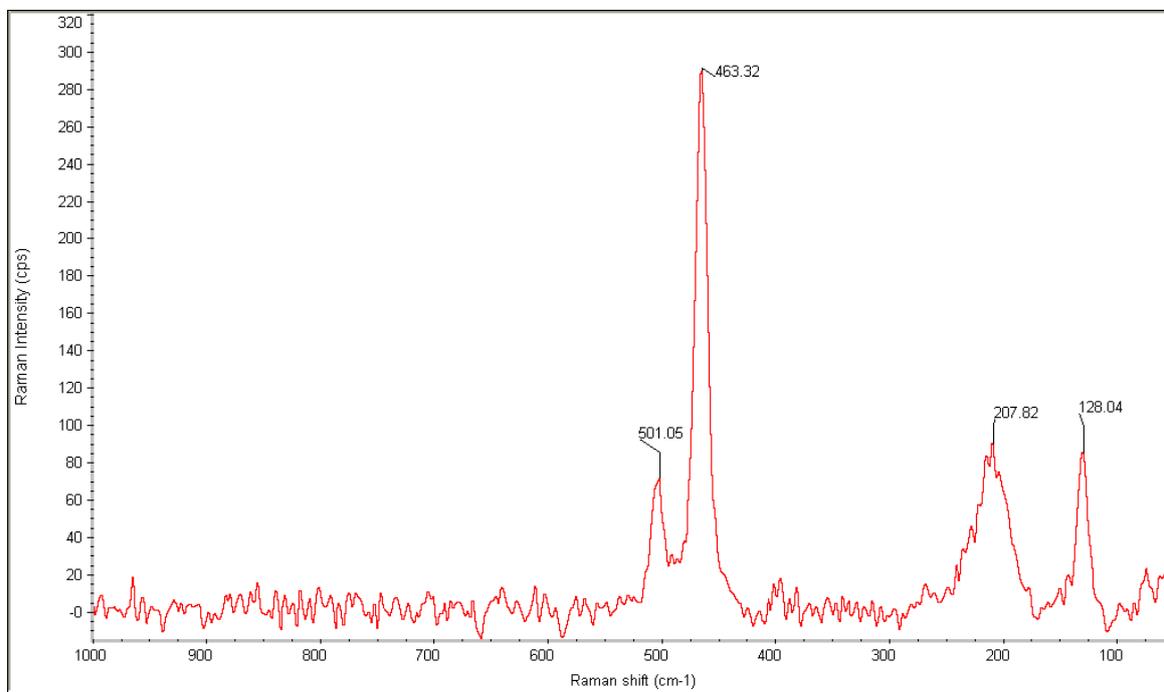


Fig. 252. Espectrograma resultante para la zona de transición de la muestra “HB05.J5.768” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

A continuación analizamos una zona de coloración más oscura dentro del córtex en la que también aparecen las mismas fases minerales (fig. 253).

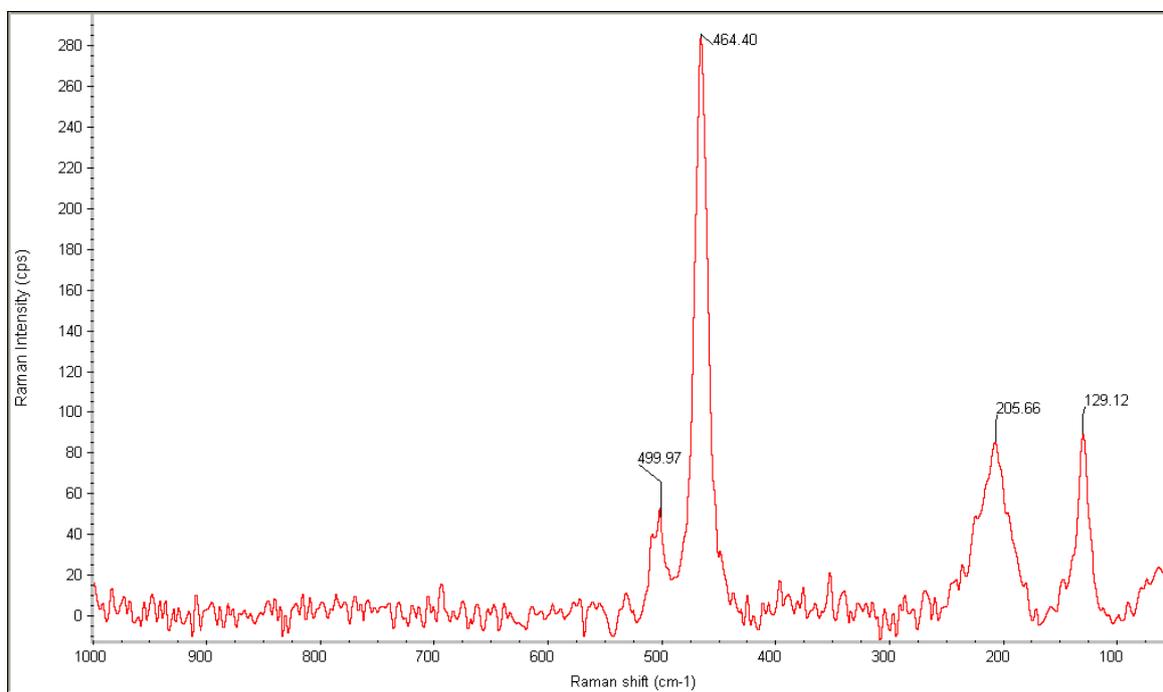


Fig. 253. Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra “HB05.J5.768” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC, 2014.

La muestra contiene pseudomorfos lenticulares de yeso totalmente reemplazados por sílice, las fases minerales obtenidas para el microanálisis de nuevo son únicamente cuarzo y moganita.

### 3) Muestra “HB.H6.1355”

Analizamos el córtex (fig. 254), la superficie silíceo (fig. 255) y una pequeña zona de transición del córtex al sílex y se obtienen las mismas fases minerales de cuarzo y moganita para las tres zonas.

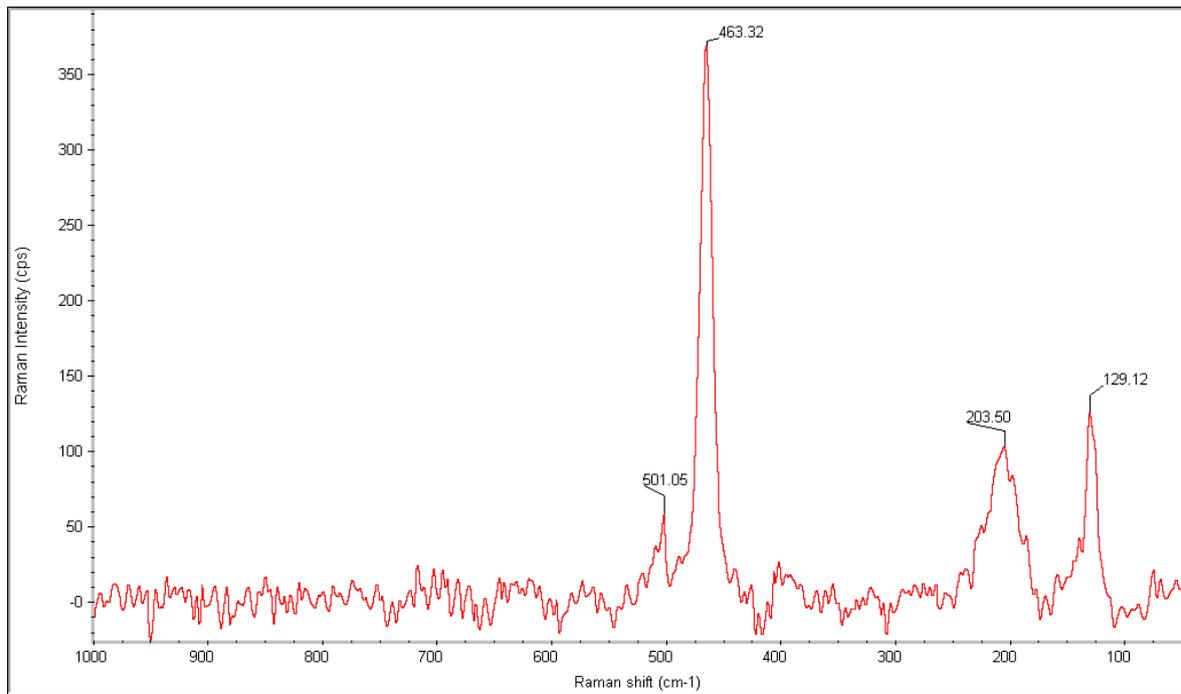


Fig. 254. Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra “HB.H6.1355” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

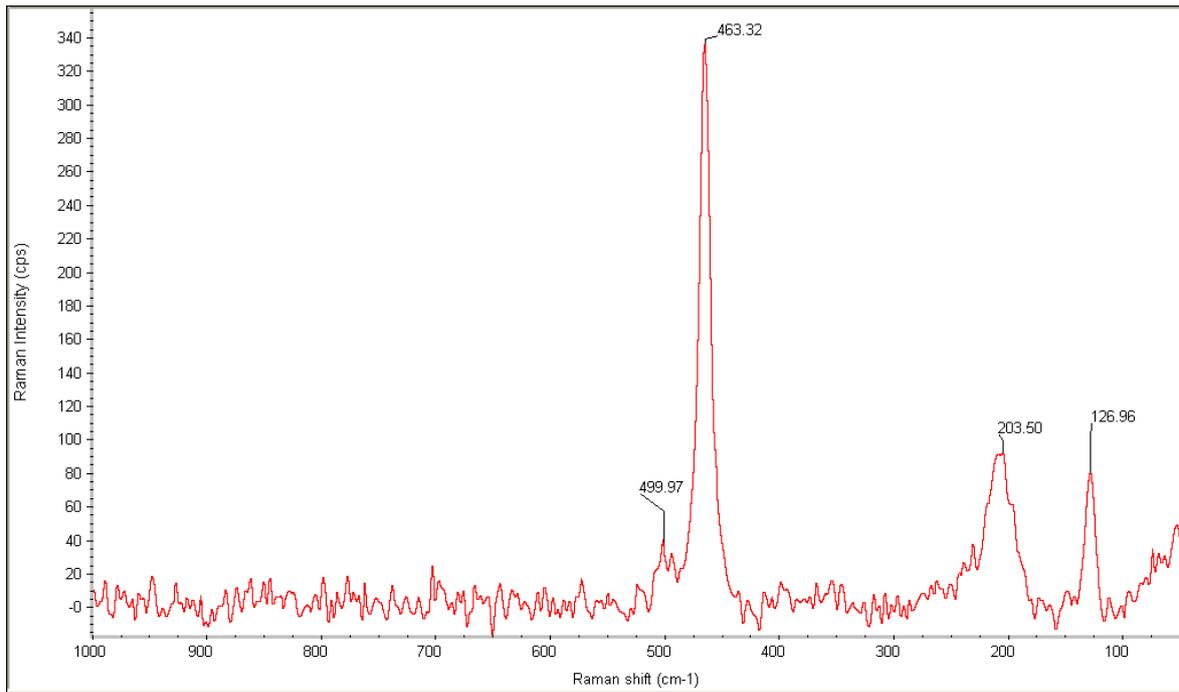


Fig. 255. Espectrograma resultante para la zona de la matriz sílicea de la muestra “HB.H6.1355” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### Sílex "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional"

Para finalizar con el análisis de muestras de origen evaporítico se comprobó el espectrograma para el "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional" para observar si contenía también la fase mineral de la moganita o presentaba alguna otra diferencia respecto al tipo evaporítico típico.

#### 4) Muestra “HB12.H6.1044”

En esta muestra se analizó también dos zonas diferenciadas, la zona del córtex y la zona de la matriz silícea. En ambas se vuelve a detectar el cuarzo y la moganita (fig. 256).

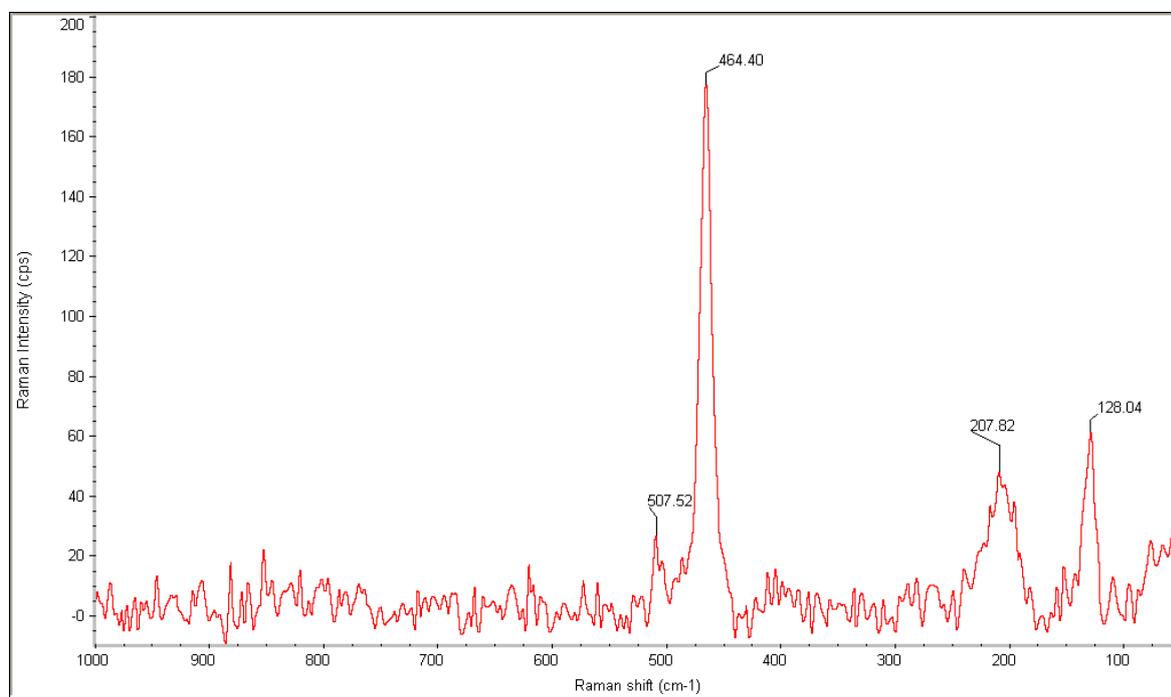


Fig. 256. Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra “HB12.H6.1044” en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

En la zona del córtex se hallan englobados algunos cristales de yeso, en forma de agregados de lentículas, se analizan y se concluye que ya no contienen el yeso como fase mineral original, sino que están reemplazados por sílice (fig. 257).

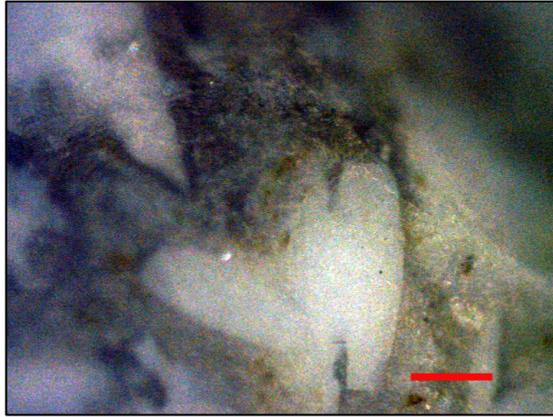


Fig. 257. Fotografía detalle de algunos relictos de lentículas de yeso incluidas en el córtex de la muestra "HB12.H6.1044", con escala de 1 mm. Se aprecia la poca definición que este método proporciona. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

La única diferencia que el análisis de esta muestra presenta en relación a las muestras evaporíticas analizadas con anterioridad es que la superficie de la muestra aporta un espectro muy claro y limpio; dicho fenómeno puede estar sujeto a que la superficie que presenta es muy lisa y sin apenas rugosidades, característica a su vez ligada a la posesión de una red cristalina muy prieta, sin la contención de porosidades ni defectos en ella (fig. 258).

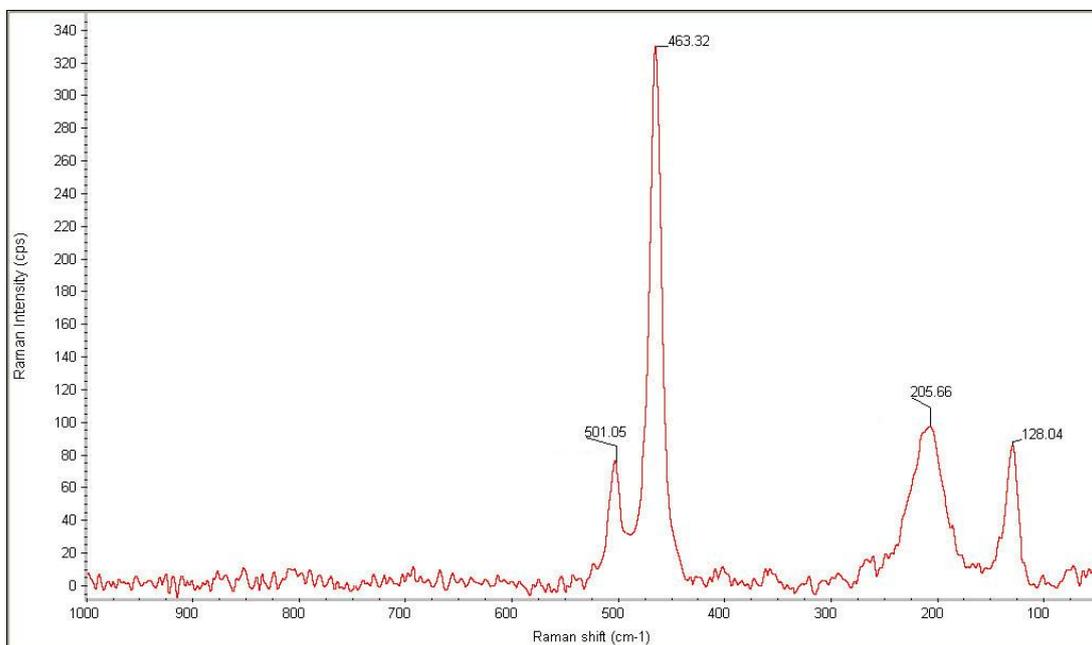


Fig. 258. Espectrograma de aspecto muy nítido resultante para la zona de la superficie de la muestra "HB12.H6.1044" y en el cual se vuelven a observar los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

## Muestras geológicas

### 1) "Cabacés III". Fm Montsant, nivel inferior I de conglomerado

En esta muestra geológica, correspondiente a una fase menos antigua del conglomerado, obtenemos las fases minerales para el cuarzo y para la goethita (en forma de partículas de hierro) y es en el halo que rodea las partículas de hierro donde aparece la fase mineral de la moganita (fig. 259).

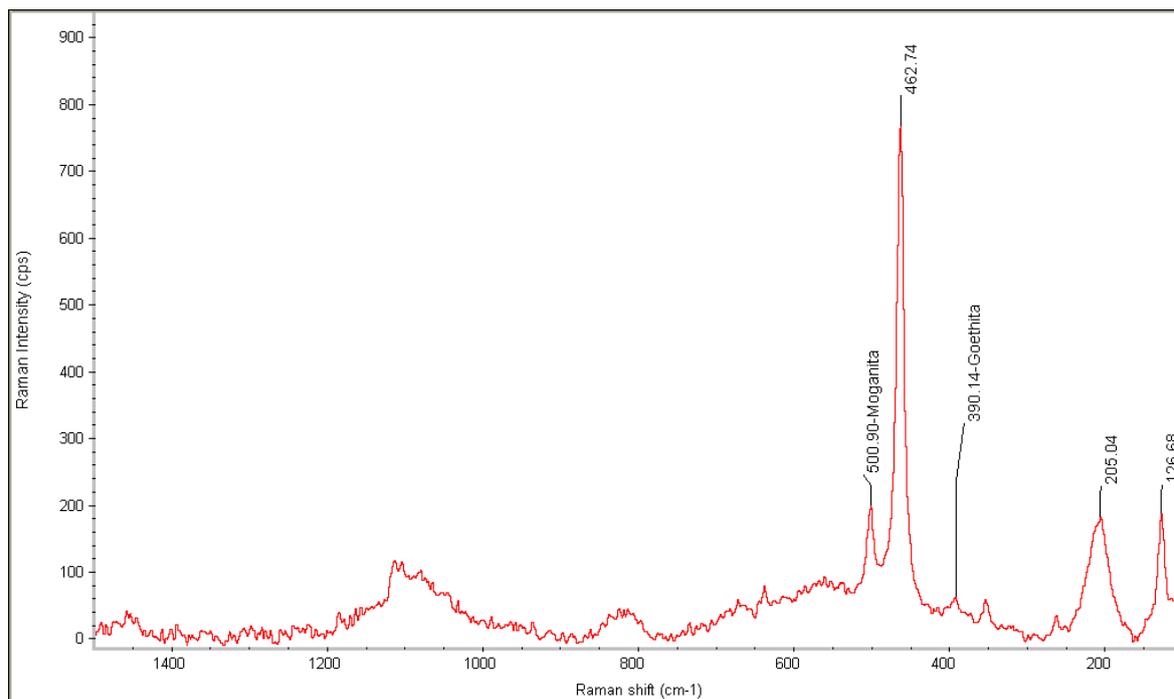


Fig. 259. Espectrograma característico para la muestra geológica "Cabacés III". Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

2) "Albarca Conglomerat". Fm Montsant, nivel inferior II de conglomerado

En la muestra "Albarca Conglomerat" (Fm Montsant), correspondiente a la fase más antigua del conglomerado, se detectan los picos correspondientes al cuarzo, la moganita, la goethita pero hallamos también un pico nuevo: la sepiolita (fig. 260).

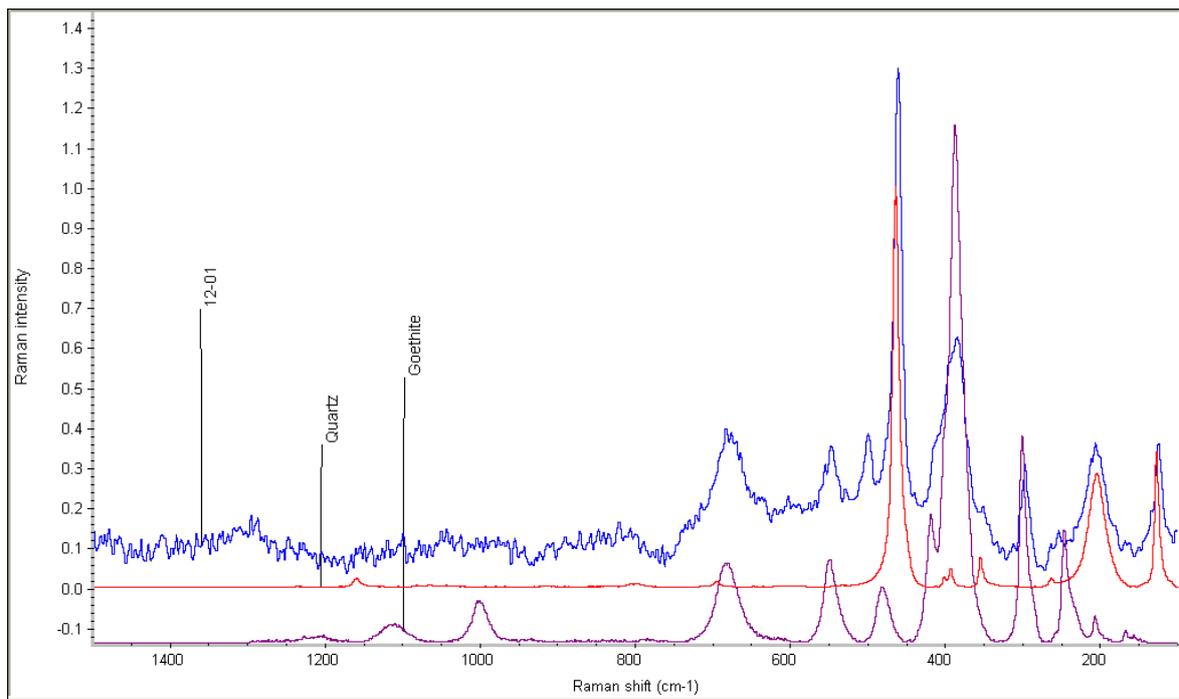


Fig. 260. Espectrograma característico para la muestra "Albarca Conglomerat" (azul). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 3) "1M". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos B

En esta muestra procedente del nivel B de yesos del Complejo de Ulldemolins el detector sólo muestra dos fases minerales, el cuarzo y la moganita (fig. 261).

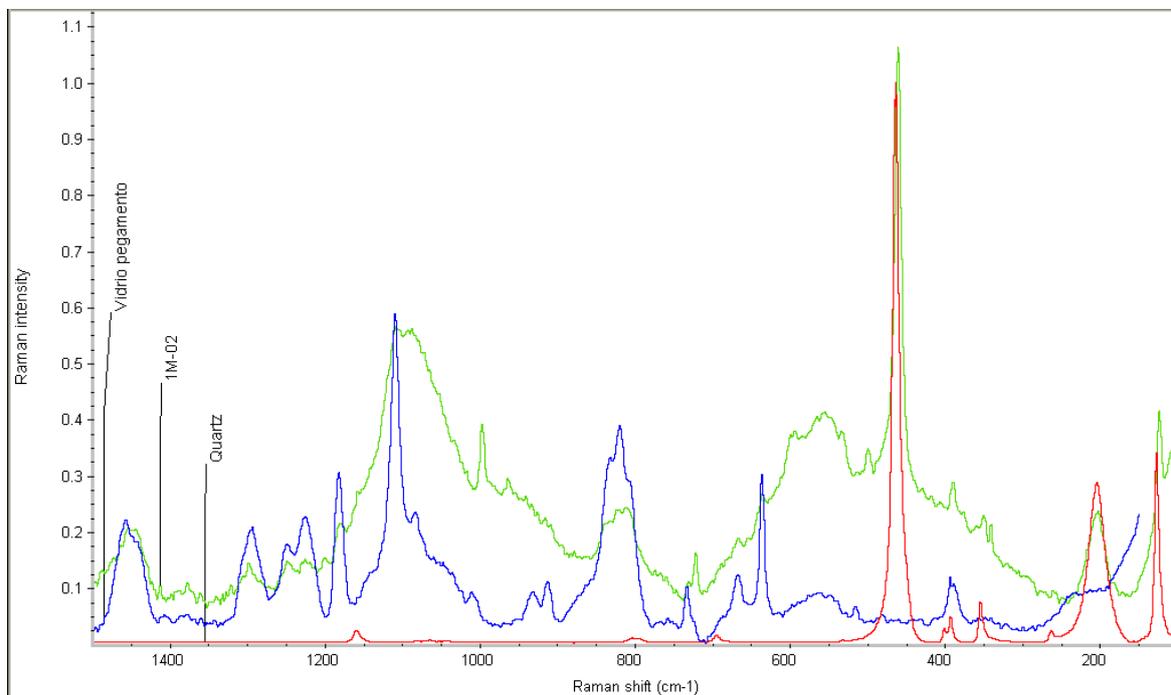


Fig. 261. Espectrograma para la muestra geológica "1M", analizada sobre lámina delgada. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Señalado en rojo el patrón de la muestra y en verde el patrón para el cuarzo.

8.3.2.2. Comparación analítica de las muestras arqueológicas sílex "Tipo 3" o "Sílex negro" con las muestras geológicas de las Fm La Serra Llarga y Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca.

#### *Muestras arqueológicas*

Sílex "Tipo 3" o "Sílex negro"

- 1) Muestra "HB13.H8.179"

Analizamos dos puntos de diferente cromatismo de la roca caja pero no obtenemos espectro porque esta muestra presenta demasiada ruido *shot*<sup>21</sup> (fig. 262).

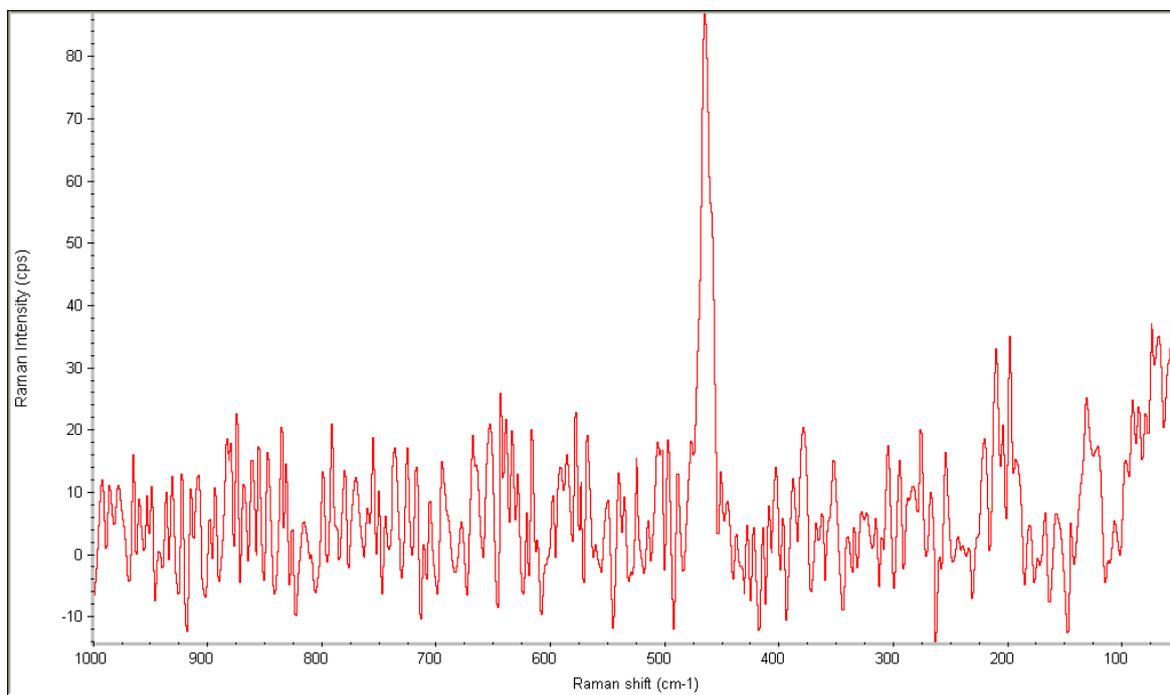


Fig. 262. Espectrograma de aspecto muy borroso de la superficie de la muestra " HB13.H8.179" de sílex "Tipo 3" o "Sílex negro". Aunque apreciamos algunos de los picos típicos para la fase mineral del cuarzo, observamos que esta muestra presenta un grado muy alto de fluorescencia que enmascara otros posibles picos que pudieran aparecer. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

La técnico de laboratorio acertó la frecuencia para que la fluorescencia bajara y volvimos a analizar una zona de color claro: aparecieron los picos típicos para el cuarzo, la moganita, la sepiolita y otro pico que desconocemos a qué fase mineral puede pertenecer (590,38) (fig. 263).

---

<sup>21</sup> El ruido *shot* se origina a partir de un proceso radiactivo generado por el material analizado: la fluorescencia. La fluorescencia es un caso concreto de una gran familia de procesos conocida como luminiscencia, en la cual las moléculas son susceptibles de emitir luz desde un estado electrónico excitado alcanzado mediante mecanismos físicos (por ejemplo, absorción de luz), mecánicos o químicos. La fluorescencia se manifiesta en un espectro Raman como una curva ancha que se añade al espectro. Además, como proceso radiactivo, genera un ruido *shot* que puede llegar a enmascarar total o parcialmente las bandas Raman que contienen la información útil. Por su elevada intensidad puede llegar incluso a saturar el CCD (comunicación oral de la técnico de laboratorio).

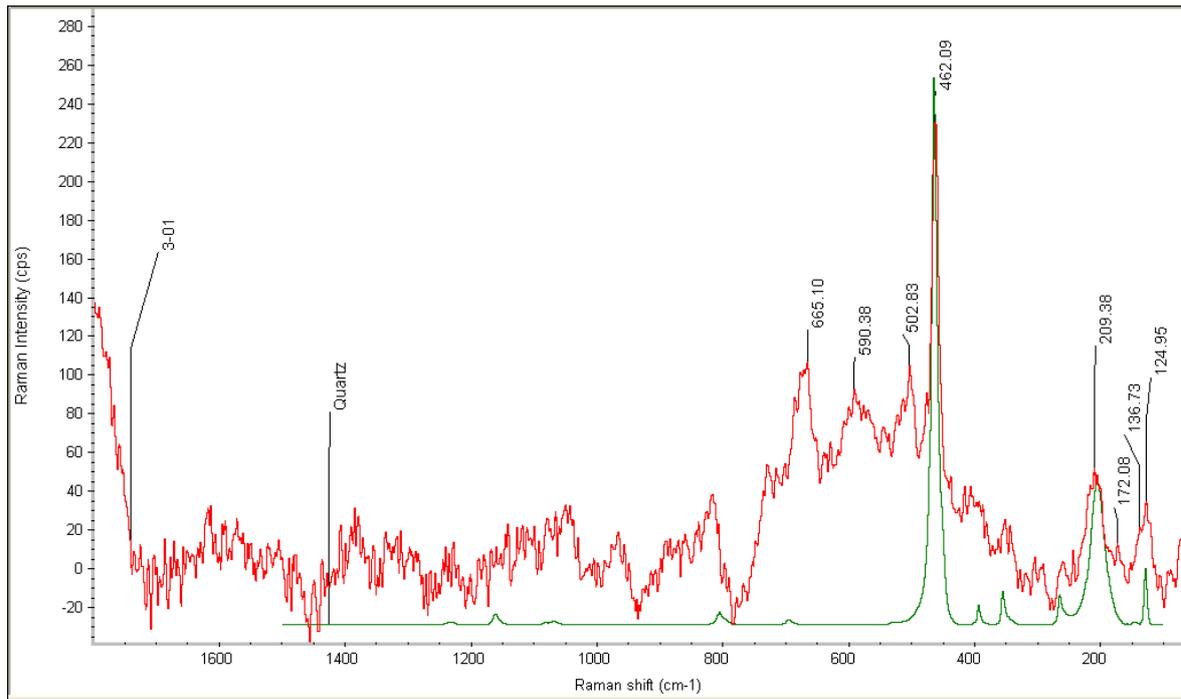


Fig. 263. Espectrograma característico para la muestra arqueológica de sílex negro “HB13.H8.179” (rojo). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

La muestra no está enteramente silificada ya que aún conserva otros minerales.

### *Muestras geológicas*

#### 1) "Algerri". Fm la Serra Llarga

Observamos en esta muestra que contiene también mucha fluorescencia, por lo que seleccionamos frecuencias más bajas para analizar. Una vez realizado este paso, se aprecia la aparición de los picos característicos para el cuarzo (representados en azul), la moganita (500.32), la sepiolita (665,53) y un pico extra (1607.12) que por el momento, no podemos asociar a ninguna fase mineral conocida (fig. 264).

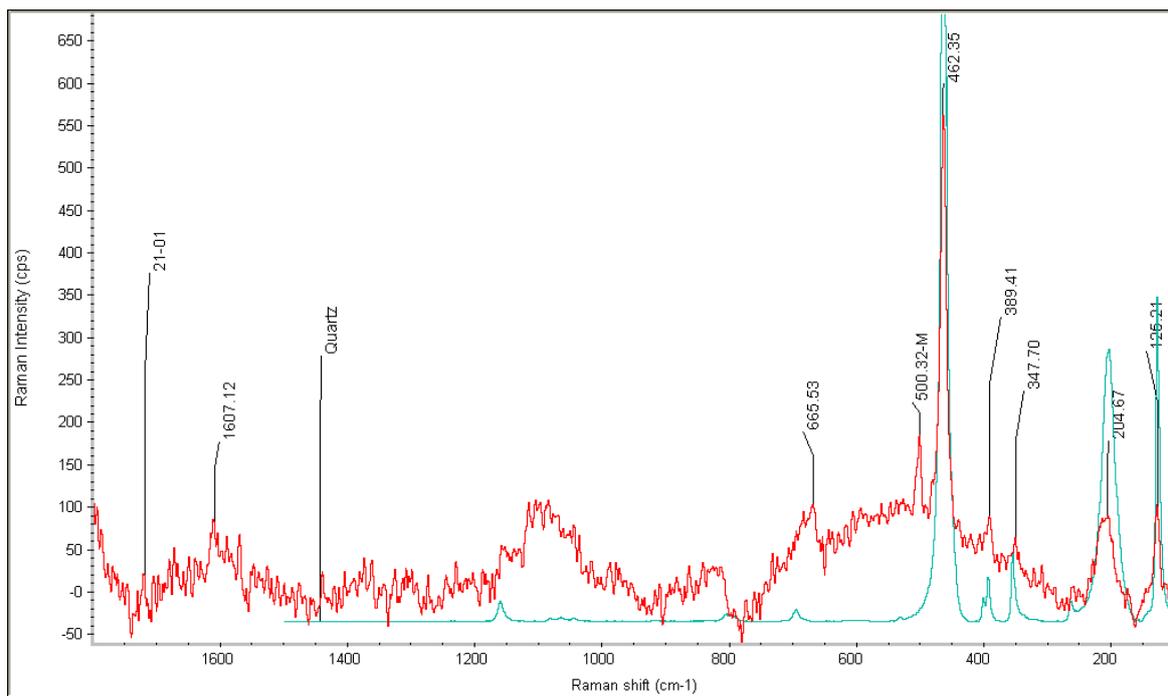


Fig. 264. Espectrograma característico para la muestra "Algerri"(rojo). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

### 8.3.2.3. Conclusiones

Se creyó oportuno aplicar esta técnica a algunas de las muestras para observar fases minerales distintas a las observadas anteriormente con otras técnicas. Se puede afirmar que se observaron fases minerales no vistas hasta el momento, como la de la moganita, pero dicho hallazgo se convirtió en una generalidad que abarcó todas las muestras analizadas, por lo que perdió todo su valor discriminatorio original.

Como conclusión al análisis por micro-Raman de las tres muestras arqueológicas de sílex "Tipo 1" o "Sílex evaporítico" procedentes del yacimiento de l'Hort de la Boquera podemos extraer que:

- 1) Este tipo de sílex contiene siempre moganita como fase mineral accesoría  
La moganita se detecta tanto en la matriz de la muestra como en el córtex de la misma
- 2) La pátina blanca que afecta a la mayoría de este tipo de muestras no llega a afectar a las fases minerales.

Para el análisis del sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común" en relación a las muestras geológicas de las dos formaciones, observamos que todas las muestras coinciden en las mismas fases minerales del cuarzo y la moganita. Una diferencia sustancial es que las muestras de la Fm Montsant, además de estas dos fases minerales mencionadas, contienen otras fases, como la de la goethita y la de la sepiolita. Se ha observado que dos de las muestras arqueológicas también presentaban córtex por lo que se deduce que estas fases minerales podrían servir para discriminar a la Fm Montsant, descartándola como formación explotada de materias primas silíceas por parte de los habitantes de l'Hort de la Boquera. Dicha hipótesis debemos tomarla con cautela, pero la adición de este dato a otros pueden hacernos reflexionar en este sentido.

Para el sílex "Tipo 3" o "Sílex negro" observamos que tanto la muestra arqueológica como la muestra geológica procedente de Algerri (Fm La Serra Llarga) tienen un nivel muy elevado de fluorescencia; aunque desconocemos si este hecho se pudiera relacionar como un punto en común. Por otro lado, observamos que todas las muestras contienen las mismas fases minerales, cuarzo, moganita y sepiolita (este último muy común en la corteza terrestre).

Somos plenamente conscientes de que el número de muestras analizadas no es significativo desde un punto de vista estadístico, ya que sería necesario analizar un número más elevado de muestras para establecer criterios con bases sólidas, por eso remarcamos que aquí presentamos una primera aproximación exploratoria a la utilidad de las diversas técnicas utilizadas, en este caso, la Espectroscopía micro-Raman.

A modo de conclusión general, esta técnica ha aportado algunos datos extra a nuestra investigación, que junto con datos previos, ha arrojado algo de luz para la discriminación concreta de variedades, en concreto para la Fm Montsant.

Veamos a continuación una tabla resumen (tabla 24) de las características antes mencionadas:

MUESTRAS	FASES MINERALES (presencia)					OBSERVACIONES
	Tipo	Cuarzo	Moganita	Goethita	Sepiolita	
<b>TIPO 1/ EVAPORÍTICO</b>						
"HB04.H7.294". Tipo 1-1	Arqueológica	sí	sí			-
"HB05.J5.768". Tipo 1-1	Arqueológica	sí	sí			-
"HB.H6.1355". Tipo 1-1	Arqueológica	sí	sí			-
"HB12.H6.1044". Tipo 1-2	Arqueológica	sí	sí			espectro muy limpio
"Cabacés III". Fm Montsant	Geológica	sí	sí	si		-
"Albarca Conglomerat". Fm Montsant	Geológica	sí	sí	si	si	-
"1M" Ulldemolins (B). Complejo Ulldemolins,	Geológica	sí	sí			-
<b>TIPO 3/ SÍLEX NEGRO</b>						
"HB13.H8.179"	Arqueológica	sí	sí		sí	Presencia de mucha fluorescencia. Pico indeterminado (590)
"Algerri". Fm Serra Llarga	Geológica	sí	sí			Presencia de mucha fluorescencia. Pico indeterminado (1607)

Tabla 24. Fases minerales y otras observaciones para el análisis por Espectroscopía micro-Raman.

### 8.3.3. Análisis mediante Difracción de Rayos X (DRX)

La Difracción de Rayos X es una técnica semicuantitativa que permite la identificación y caracterización de fases cristalinas así como su índice de cristalinidad.

El objetivo básico para nuestra investigación ha sido el poder complementar la caracterización de las muestras arqueológicas y geológicas relacionadas con los dos yacimientos motivo de estudio.

Este tipo de técnica ha sido y está siendo aplicado actualmente por varios investigadores (Doce y Alcober 1997, Sánchez de la Torre 2014, Soto 2015) con la consecución de resultados diversos.

Se han analizado un total de 8 muestras arqueológicas: una correspondiente a sílex "Tipo 1 variedad 1" o "Sílex evaporítico común", una correspondiente a sílex "Tipo 1 variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional", una correspondiente a sílex "Tipo 2" o "Sílex de carófitas" y una muestra correspondiente a sílex "Tipo 3" o "Sílex negro"; todas ellas relacionadas con l'Hort de la Boquera. También una muestra de sílex "Tipo A variedad I", una muestra sílex "Tipo A variedad II", una muestra correspondiente a sílex "Tipo B", y una muestra de sílex "Tipo D"; relacionadas con la Roureda. Todas las muestras contenían restos de córtex para así hacer más evidente el tipo de roca caja, excepto las muestra correspondiente al sílex "Tipo 2 o de carófitas" y sílex "Tipo 3 o negro", porque no se han recuperado con esta condición.

Además, se han analizado un total de 18 muestras geológicas, procedentes de las siguientes formaciones: Fm Montsant; Complejo Ulldemolins; Fm Valldeperes; Fm Pira; Fm Blancafort; Fm La Serra Llarga; Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca; afloramiento secundario de Mas del Pinar; Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno; Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense; conglomerados del Eoceno - Oligoceno y los Carbonatos terciarios del Grupo Matarranya - Guadalope. Todas ellas contenían restos de roca caja para valorar también su mineralogía.

Por lo tanto y haciendo balance, se han analizado un total de 26 muestras mediante esta técnica.

Tal y como se ha explicado antes, esta técnica sólo distingue fases minerales, por lo que siendo las muestras de sílex, su fase mineral exclusiva o predominante es el cuarzo (fig. 265). Es por ello que se consideró oportuno analizar el mayor número de muestras posibles que presentaran aún restos de roca caja o córtex y así poder distinguir diferentes litologías accesorias. En el caso de las muestras arqueológicas no fue posible en su totalidad - no todas las muestras contenían córtex - pero todas las muestras geológicas seleccionadas sí contenían restos de roca caja.

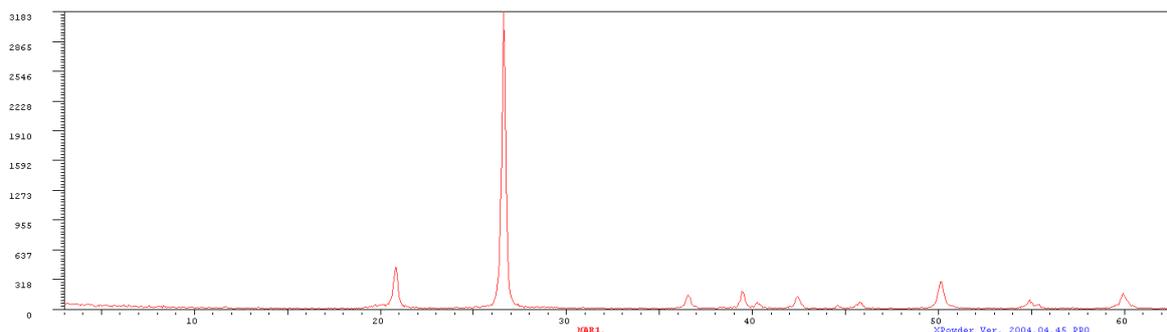


Fig. 265. Difractograma entre 0 y 60 ° 2θ obtenido para la muestra "HB05.J5.768". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

¿Cuál ha sido entonces el propósito principal para la aplicación de esta técnica? Uno de los objetivos primordiales ha sido el de obtener los índices de cristalinidad para cada muestra y así poder caracterizar más a fondo cada tipo de sílex recuperado. Es por este motivo que nos hemos ceñido a incluir sólo la fracción de difractograma correspondiente entre 65 y 69 ° 2θ de cada una de las muestras.

#### 8.3.3.1. El índice de cristalinidad

En el año 1976, Murata y Norman, con la ayuda de la técnica de la Difracción de Rayos X establecieron el índice de cristalinidad para diferentes variedades de cuarzo<sup>22</sup>. Un año más tarde, Gregg *et al.* (1977) propusieron un método para su cálculo introduciendo otras variables a la ecuación: estableciendo la relación del índice de cristalinidad y el volumen de celdilla, la cual es inversamente proporcional, lo que significa que a menor índice de cristalinidad, mayor volumen de celdilla.

Al poco tiempo, Bustillo y la Iglesia (1979), desarrollando el mismo método de Gregg *et al.* (1977) calcularon el valor de la constante "F" a partir de un cuarzo (amatista) euedral. Además obtuvieron los índices de cristalinidad de varias muestras de sílex de distinta procedencia, grado de silificación, edad y roca caja (calcárea, dolomía y yeso). Adquirieron unos resultados que indicaban que dicho índice variaba en función de tales variables, pero sobretudo respecto a la naturaleza de su roca caja, su grado de silificación, así como a la cantidad de impurezas que hubiese englobado dicha roca silícea en su mismo proceso de formación.

<sup>22</sup> Dichos autores usaron las medidas de intensidad para el pico (212) del cuarzo que aparece en el ángulo 2θ de 67.72° (Murata y Norman, 1976).

Los resultados observados fueron que los cuarzos de los sílex incluidos en calizas presentaban un índice superior ( $>2$ ) que los cuarzos de los sílex incluidos en yesos ( $<1,5$ ); ocupando los rangos intermedios aquellos cuarzos de los sílex incluidos en dolomías (Bustillo y La Iglesia, 1979). Una explicación a dicho fenómeno podría ser porque los cuarzos de sílex incluidos en formaciones ricas en yeso son más proclives a incluir un número más elevado de impurezas iónicas que los cuarzos de sílex incluidos en dolomías o en calizas ( Dra. Bustillo, com. pers.). Para comparar índices de cristalinidad siempre es conveniente trabajar sólo con muestras formadas exclusivamente o mayormente por cuarzo y debemos tener en cuenta que dicho índice está gobernado por varios factores: la concentración de la sílice de las disoluciones, su velocidad de precipitación, las distintas fases del cuarzo y el tipo de roca que se reemplaza por lo que se deduce que la asignación categórica de tipos de ambiente sólo a través del cálculo de dicho índice puede ser una tarea de gran dificultad (Bustillo, com. pers).

De estas afirmaciones se arguye que el índice de cristalinidad del cuarzo contenido en una roca es un dato variable que depende de diferentes factores, pudiendo variar incluso dentro de una misma roca (Bustillo y La Iglesia 1979).

Doce y Alcober (1997), basándose en los métodos propuestos por Gregg *et al.* (1977) y estudios anteriores como Bustillo y La Iglesia (1979) y Arriortua *et al.* (1984) realizaron unos análisis propios sobre el índice de cristalinidad y el volumen de celdilla de algunas muestra de sílex eocenas procedentes de los lechos de yeso del Complejo Ulldemolins (Priorat, Tarragona) y de las rocas carbonatadas de la Formación Montblanc (Conca de Barberà, Tarragona). Su propósito era el de determinar la procedencia y las áreas fuente del sílex prehistórico que abasteció a la comunidades prehistóricas del Valle del Montsant. Para su cálculo se aprovechó la metodología de DRX aplicada a algunas muestras; exactamente el mismo procedimiento realizado en nuestro estudio.

En ese momento no se obtuvieron resultados esclarecedores para tal propósito por lo que se ha creído oportuno volver a realizarlos para poderlos comparar<sup>23</sup>. Veamos a continuación en qué consiste el cálculo de dicho índice:

---

<sup>23</sup> En nuestro estudio sólo se ha calculado el índice de cristalinidad.

El espectrograma resultante de cualquier cuarzo muestra varios picos representativos, siendo el pico que se halla a  $67,72^\circ 2\theta$  en el que nos fijaremos para el cálculo. Una vez localizado dicho pico se aplicará la siguiente fórmula:

$$I.C. = 10 * F * a/b$$

dónde 10 y "F" son dos constantes; "F" tiene un valor de 1,58 (Bustillo y La Iglesia, 1979) y  $a$  y  $b$  son amplitud y longitud respectivamente. El espectrograma se divide en intensidad (eje y) y grados  $2\theta$  (eje x) siendo el grado de resolución de la reflexión el que mide la cristalinidad del cuarzo (fig. 266).

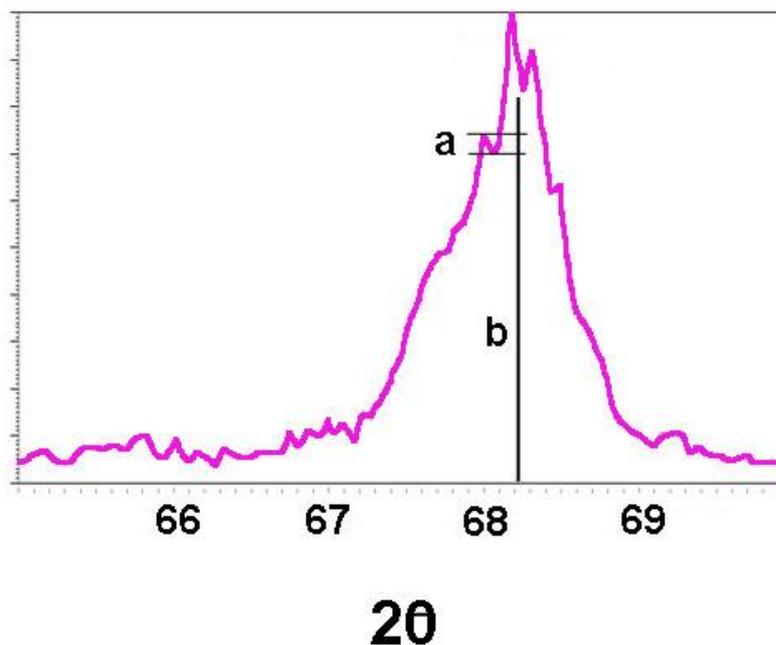


Fig. 266. Difractograma entre  $65$  y  $69^\circ 2\theta$  de la muestra "1M" (muestra geológica procedente del Complejo Ulldemolins, nivel de yesos C) utilizada para ilustrar el método de cálculo del índice de cristalinidad del cuarzo a partir de los resultados de Difracción de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Los resultados se recogen entre los siguientes valores:  $< 1.0$  (muy baja) -  $1.2$  (baja) -  $2.6$  (media) -  $5.8$  (alta) -  $7.2$  (muy alta) -  $10.0$  o lo que es lo mismo, de menor a mayor grado de cristalinidad del cuarzo. Por lo tanto, el índice de cristalinidad para un cuarzo bien cristalizado oscila entre los valores 8 a 10 y para un cuarzo pobremente cristalizado oscila entre los valores 1 a 3 (Murata y Norman 1976).

Una vez calculado dicho índice el siguiente paso, bastante más complejo, es su interpretación. A partir de ella, se podría llegar a deducir el tipo de roca caja esperado para una muestra arqueológica, teniendo en cuenta las rocas caja de las muestras geológicas.

Un dato muy importante a tener en cuenta es que existe una relación inversamente proporcional entre cristalinidad y fractura concoide. A mayor cristalinidad del cuarzo menor fractura concoide, por lo que menor fractura ideal para la talla del material. La pieza pues se fractura de manera menos controlada por el tallador y en mayor medida al azar, de manera aleatoria. La conclusión que se extrae al respecto es que los sílex que mejor se tallan deben de tener un índice de cristalinidad bajo (Dra. Bustillo, com. pers.).

Otro dato a tener en cuenta es el posible efecto de la pátina sobre el índice de cristalinidad de un sílex; pero no hay suficientes datos sobre este tema, por lo que sería aconsejable no utilizar muestras con patina. Llegados este punto veamos a continuación los resultados del análisis de las muestras<sup>24</sup>.

#### 8.3.3.2. Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera

##### 1) Muestra "HB05.J5.768". "Tipo 1 Variedad 1" o "Sílex evaporítico común"

Esta muestra de sílex arqueológico de tipo "evaporítico común" se escogió porque presentaba alrededor de un 10% de córtex teniendo así más opciones de detectar alguna fase mineral distinta a las halladas hasta el momento. El análisis determinó que la muestra está enteramente formada por cuarzo (100%).

---

<sup>24</sup> Se ha creído oportuno incluir en los resultados sólo aquella parte del difractograma (entre 65 y 69 ° 2θ) que se utiliza para calcular el índice de cristalinidad de la muestra.

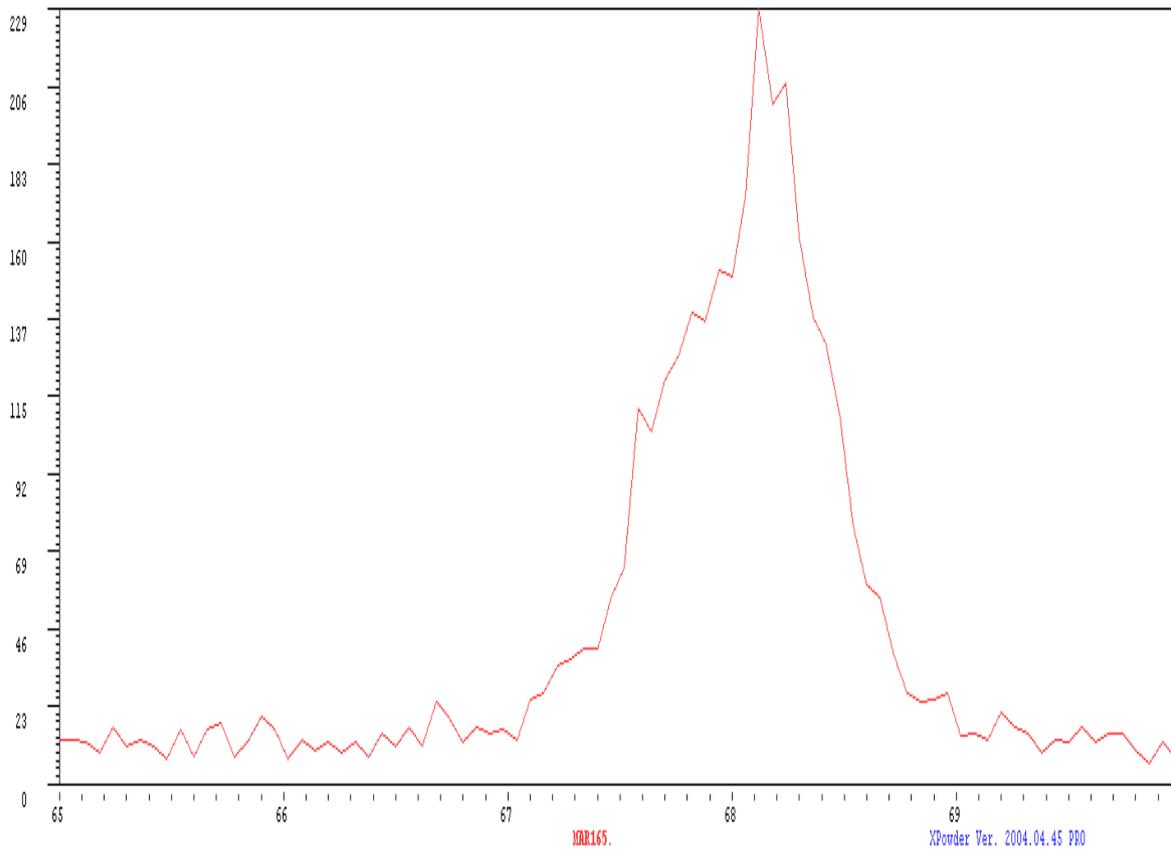


Fig. 267. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB05.J5.768". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10 \cdot 1,58 \cdot 0,1/4,6 = 0,343$$

Comprobamos que el resultado de 0,343 es menor que el valor de 1,5; por lo tanto es clasificado como un índice de cristalinidad de rango muy bajo; por lo cual esta muestra de sílex podría haber estado incluida en una matriz con yeso (tipo evaporítico) (fig. 267).

2) Muestra "HB12.H6.1044". "Tipo 1 Variedad 2" o "Sílex de calidad excepcional"

Esta muestra de sílex contenía un 5% de córtex y se escogió por ser un representante de dicha variedad. Según el análisis, presenta dos fases minerales, el cuarzo (97,7%) y la calcita (2,3%).

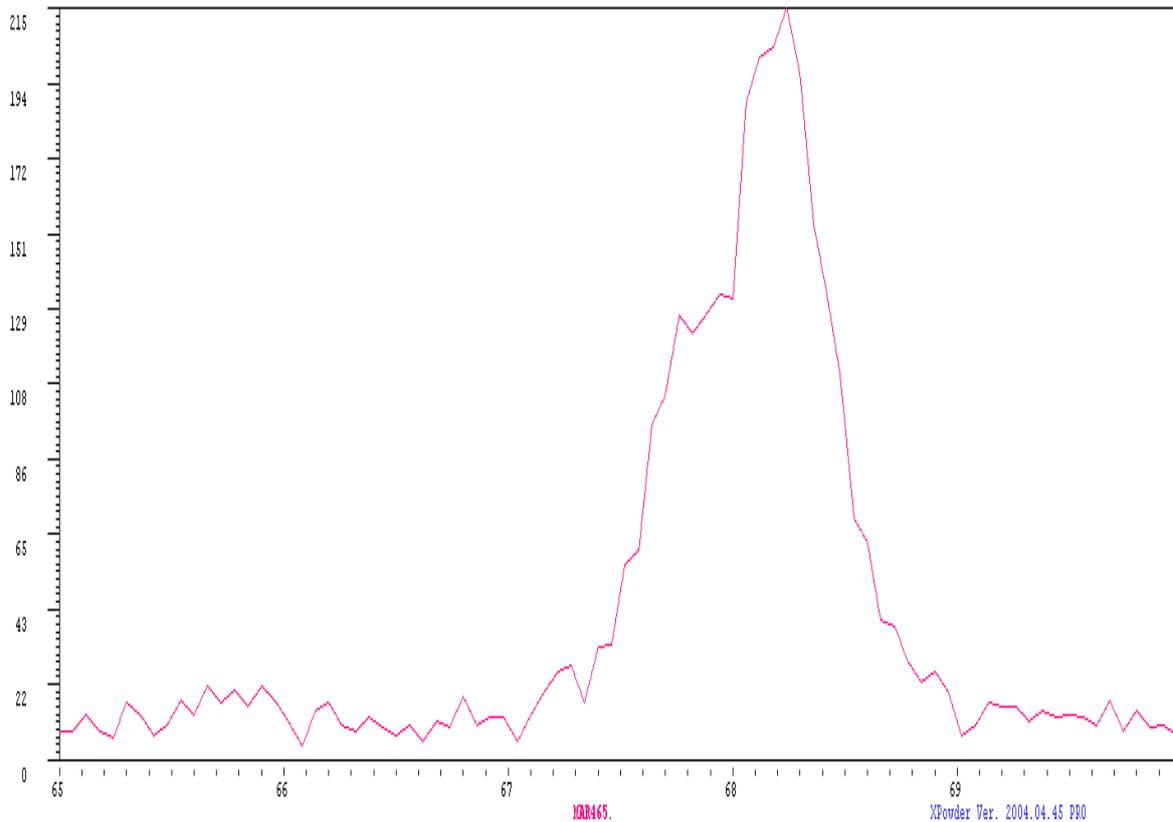


Fig. 268. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB12.H6.1044". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,2 / 3,9 = 0,810$$

Comprobamos que el resultado de 0,810 es menor que el valor de 1,5; por lo tanto es clasificado como un índice de cristalinidad de muy bajo rango, por lo cual esta muestra de sílex podría haber estado incluida en una matriz con yeso (tipo evaporítico) (fig. 268).

### 3) Muestra "HB09.G6.3590". "Tipo 2" o "Sílex de carófitas"

Esta muestra carece de córtex y se escogió por ser la representante de este tipo de sílex. Según el análisis presenta dos fases minerales, el cuarzo (92,4%) y la calcita (7,6%).

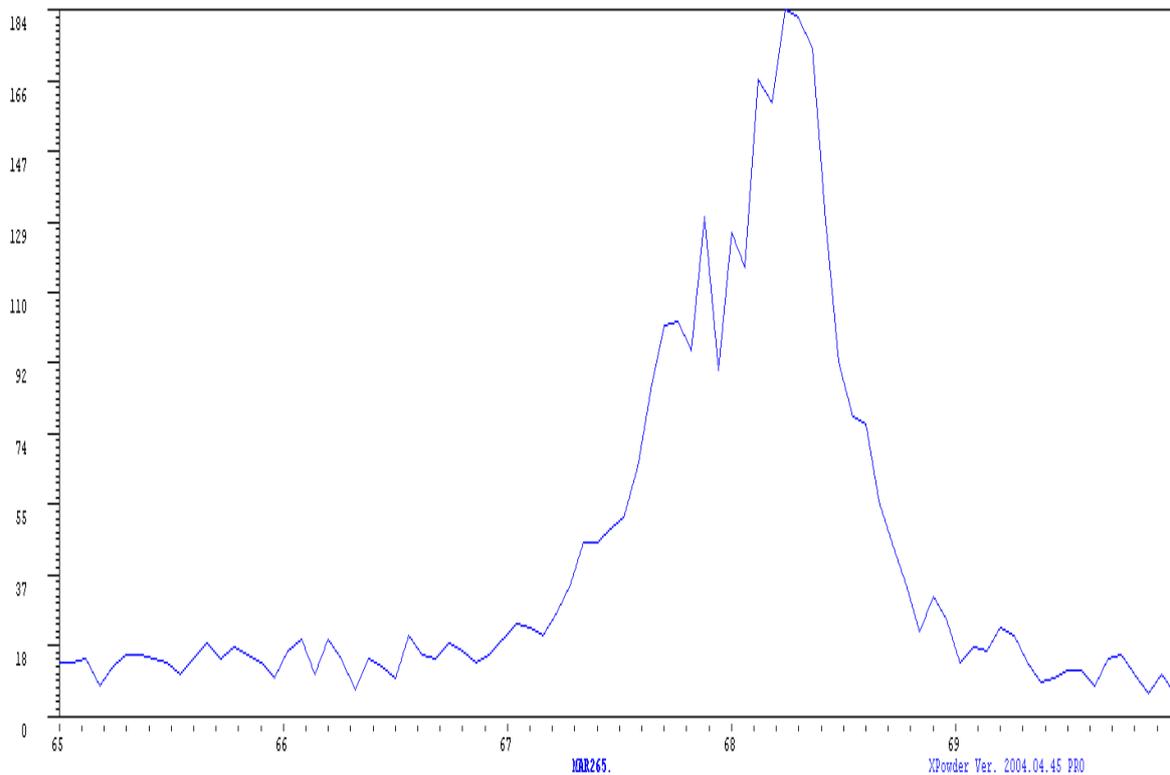


Fig. 269. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB09.G6.3590". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10*1,58*1,5/4,3= 5,51$$

Esta muestra tiene un índice de cristalinidad situado en un rango medio-alto lo que concuerda para los cuarzos de sílex incluidos en calizas. Su % de calcita es relativamente importante, por lo que demuestra que se trata de un sílex no silificado en su totalidad, manteniendo restos de la roca original (fig. 269).

#### 4) Muestra "HB13.H7.1301". "Tipo 3" o "Sílex negro"

Esta muestra de sílex no contenía restos de córtex y se escogió por ser un representante de dicha variedad. Según el análisis, presenta dos fases minerales, el cuarzo (98,5%) y la calcita (1,5%).

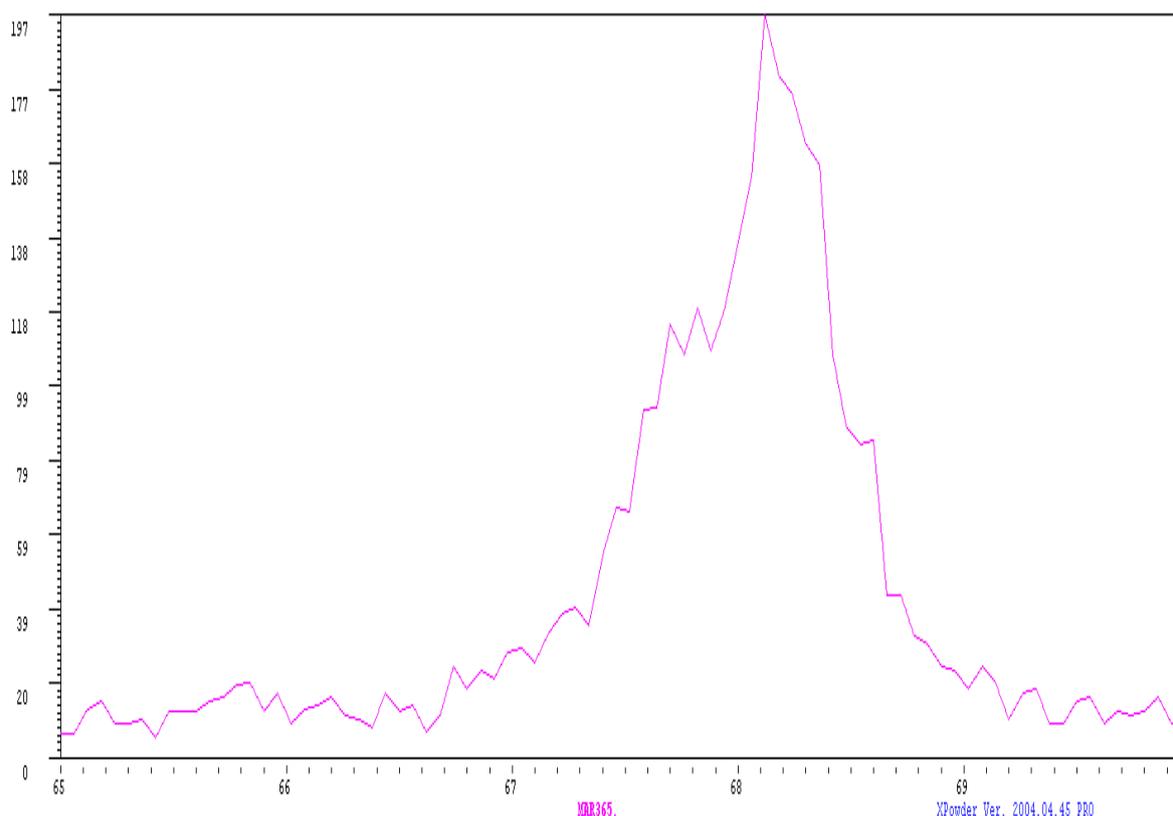


Fig. 270. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB13.H7.1301". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,4 / 3,7 = 1,708$$

Aunque presenta un rango bajo, el resultado del índice de esta muestra se sitúa en un rango intermedio por lo que los cuarzos de este sílex podrían haber estado incluidos en una matriz dolomítica (fig. 270).

### 8.3.3.3. Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de l'Hort de la Boquera

#### 5) Muestra "Cabacés III". Fm Montsant, nivel inferior I de conglomerado

Esta muestra presenta dos fases minerales, el cuarzo (84,6%) y la calcita (15,4%).

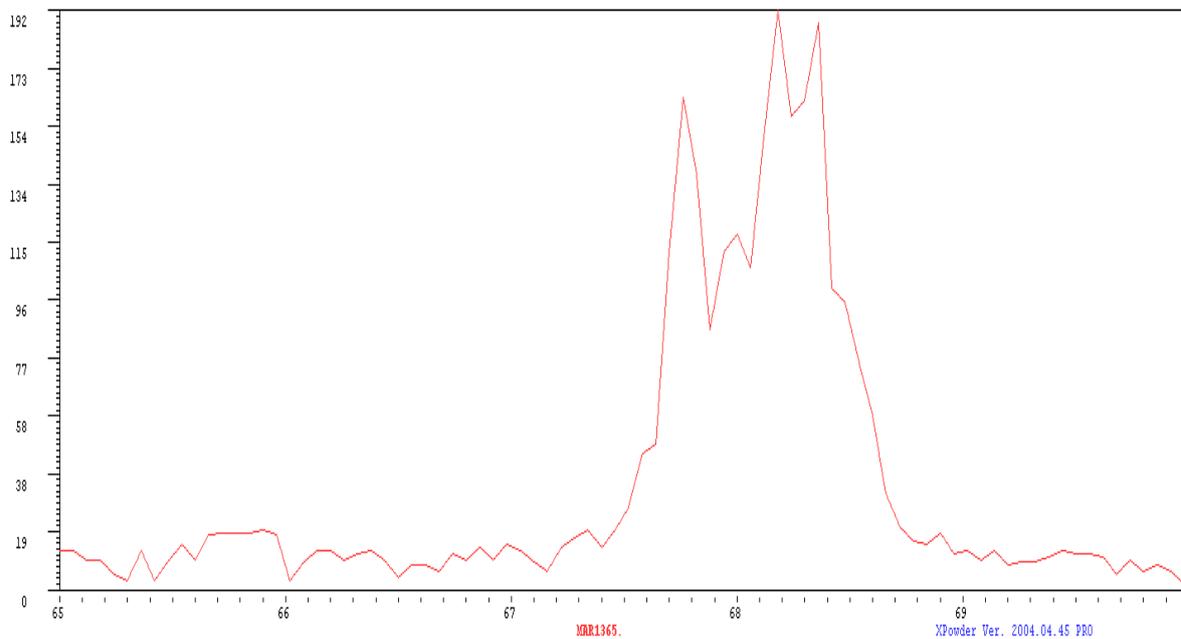


Fig. 271. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Cabacés III". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10* 1,58*2,3/4,4= 8,259$$

El cálculo revela un grado muy alto de cristalinidad que coincide con roca caja de predominancia calcárea (fig. 271).

6) Muestra "Albarca Conglomerat". Fm Montsant, nivel inferior II del conglomerado

Esta muestra presenta con dos fases minerales, el cuarzo (98,3%) y el yeso (1,7%).

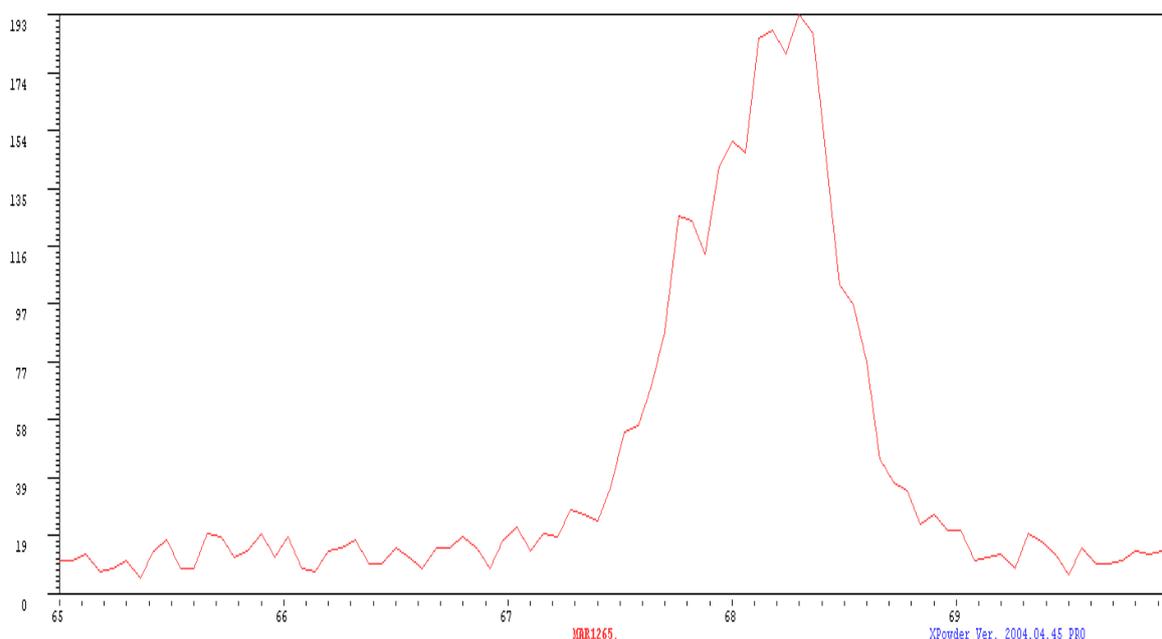


Fig. 272. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Albarca Conglomerat". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,4 / 3,5 = 1,805$$

Aunque supera el límite de 1,5 marcado para el sílex incluido en yeso, esta muestra presenta un I.C. de rango bajo y junto con la presencia de yeso, es una muestra que se posiciona en gran medida para pertenecer a un ambiente evaporítico. El Dr. Ferran Colombo (com. pers.) sostiene que estos clastos de sílex procederían del Complejo Ulldemolins y fueron re TRABAJADOS para formar parte posteriormente del conglomerado (fig. 272).

7) Muestra "1M". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos B

Esta muestra presenta una sola fase mineral, el cuarzo (100%).

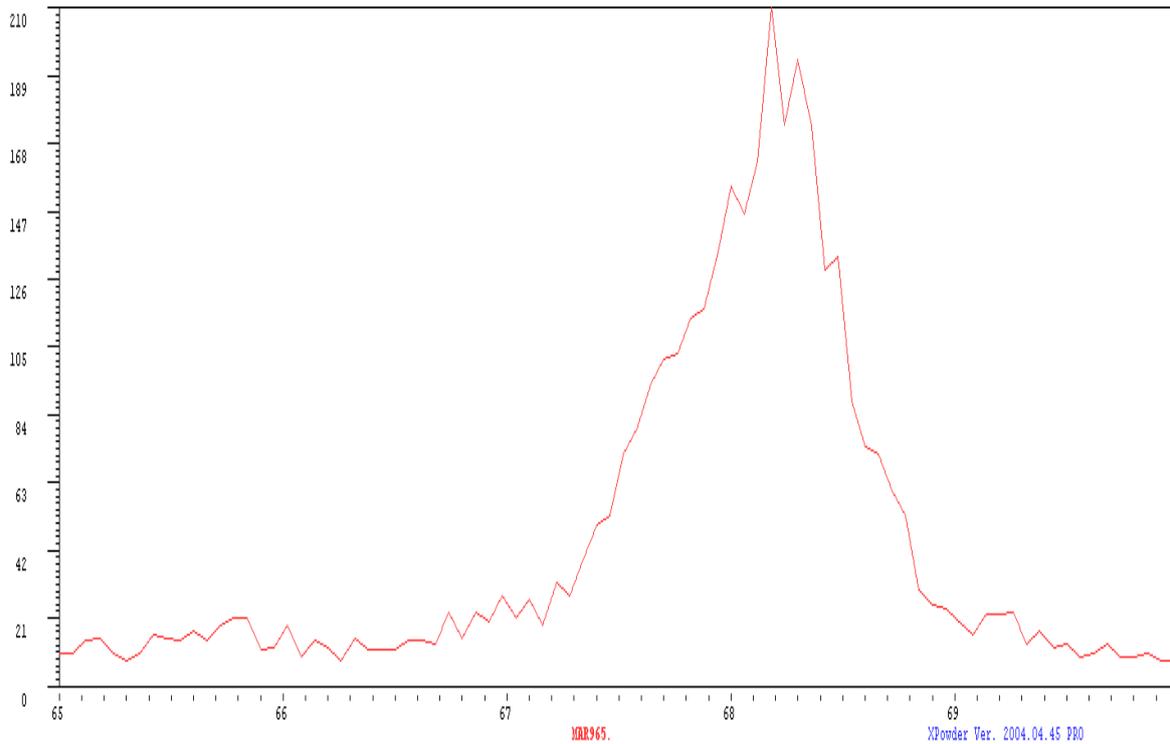


Fig. 273. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "1M ". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10*1,58* 0,5 / 8 = 1,025$$

Esta muestra tiene un índice de cristalinidad de rango bajo y menor que el valor de 1,5 asignado al sílex incluido en matriz con yeso (ambiente evaporítico), por lo que este resultado sería el esperado para dicha muestra (fig. 273).

## 8) Muestra "AU". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos C

Esta muestra presenta una sola fase mineral, el cuarzo (100%)

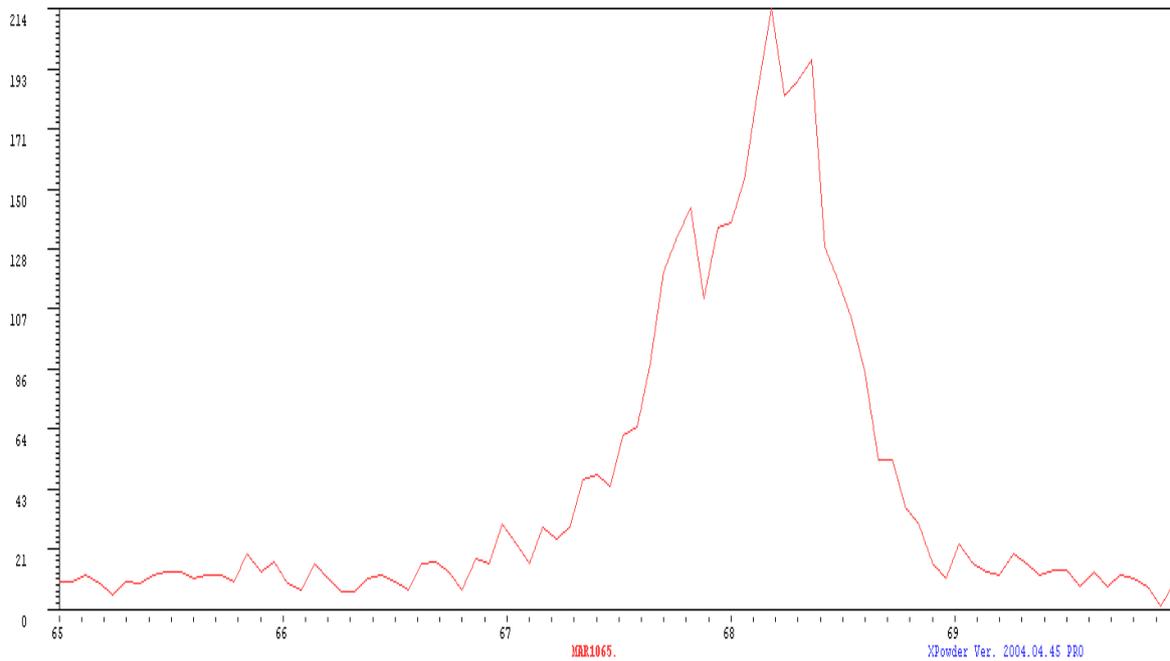


Fig. 274. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "AU". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10* 1,58*0,9/3,5= 4,06$$

El resultado para esta muestra es algo sorprendente, porque su índice se sitúa en un rango medio, bastante más alto de lo esperado para una muestra de sílex incluida en una matriz con yeso (origen evaporítico); la explicación más plausible es que el valor de dicho índice, tal y como hemos explicado antes, es un valor fácilmente variable y sujeto a cambios en diferentes zonas de una misma formación (fig. 274).

9) Muestra "Entrada de Albarca". Complejo Ulldemolins, nivel de yesos D

Esta muestra presenta dos fases minerales, el cuarzo (98,5%) y la calcita (1,5).

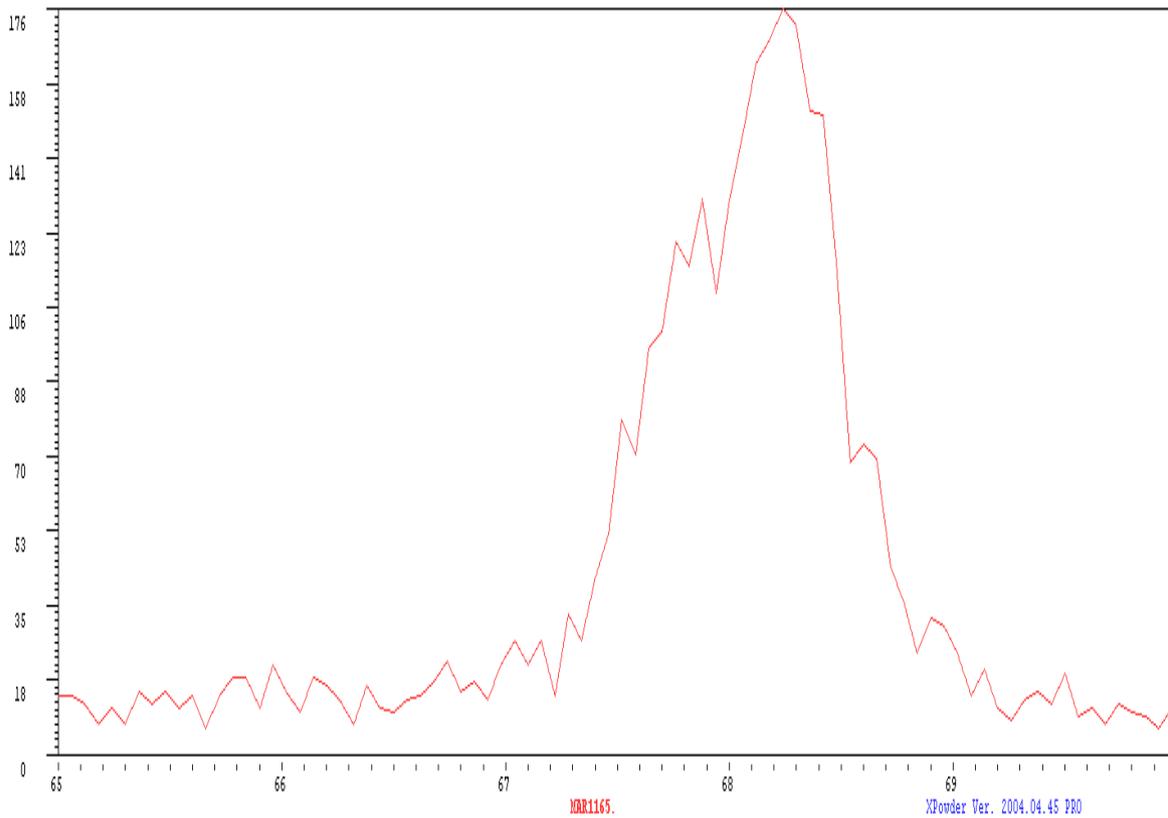


Fig. 275. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Entrada de Albarca". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10*1,58*0,9/4,5= 3,16$$

El resultado para esta muestra también es bastante más alto de lo esperado, pero proponemos la misma explicación (fig. 275).

## 10) Muestra "Vilaverd". Fm Valldeperes, Yesos de Vilaverd

Esta muestra contiene 2 fases minerales, el cuarzo (98,2%) y el yeso (1,8%).

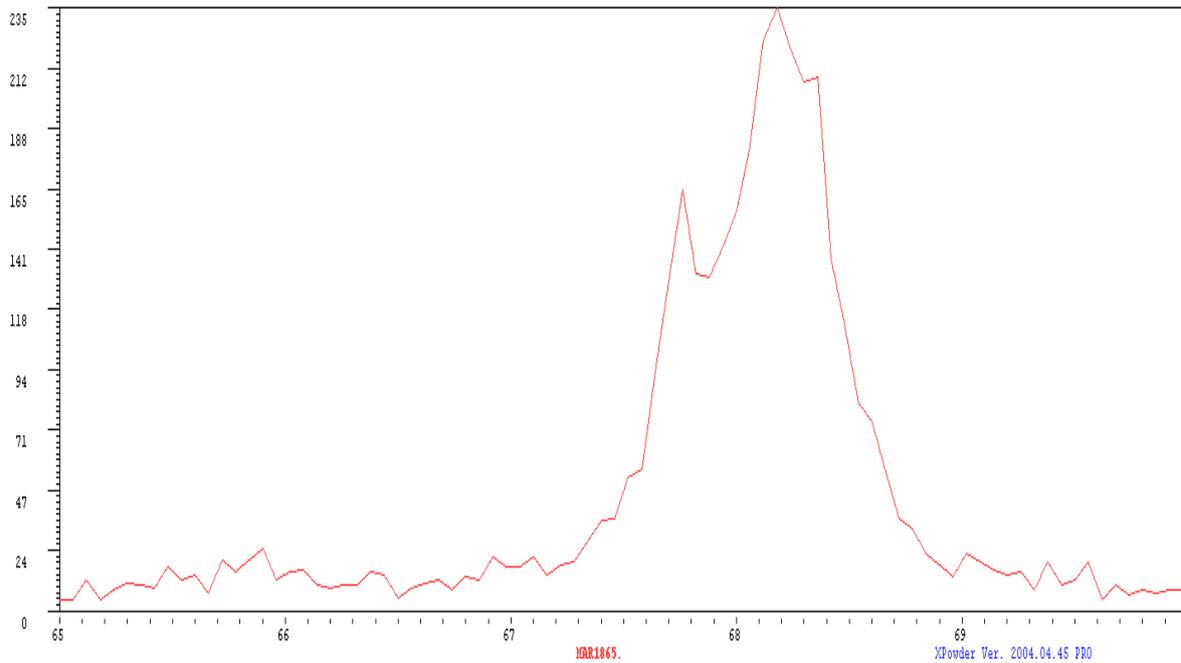


Fig. 276. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Vilaverd". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 0,7 / 3,5 = 3,160$$

Esta muestra, a pesar de proceder de un ambiente evaporítico con yesos, presenta un I.C. en el rango medio, superior al esperado (fig. 276).

## 11) Muestra "Lilla". Fm Valdeperes, Yesos de Lilla

Esta muestra contiene 2 fases minerales, el cuarzo (98,8%) y la calcita (1,2%).

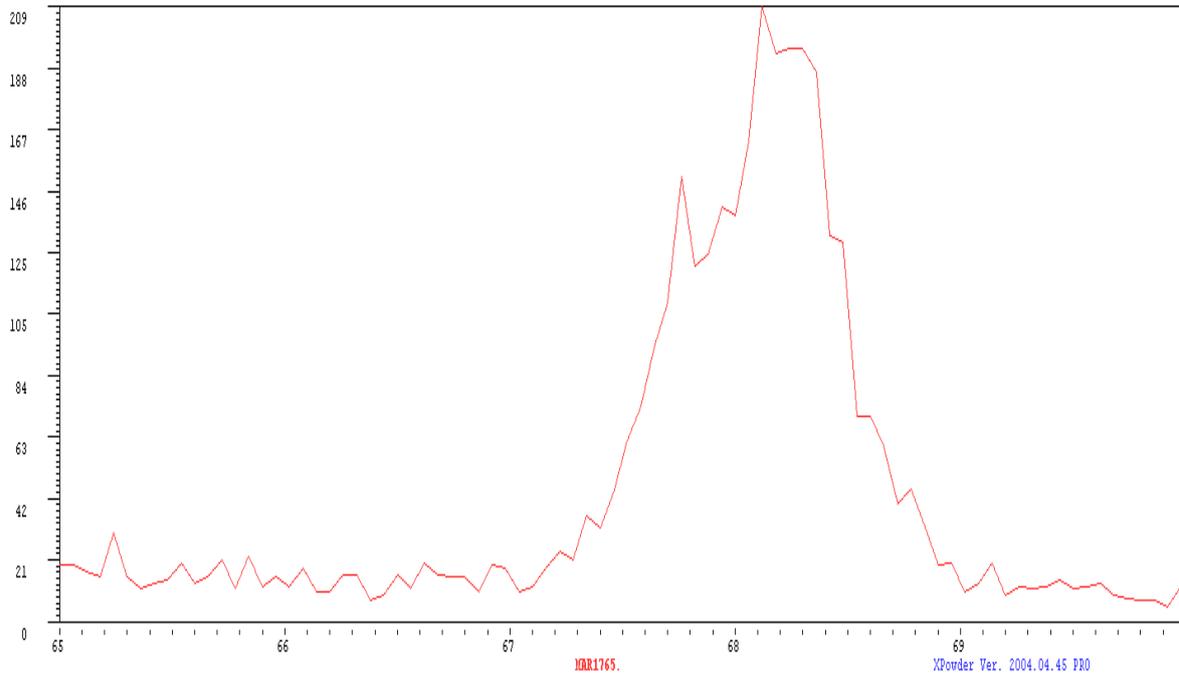


Fig. 277. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Lilla". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 0,8 / 3,6 = 3,511$$

Esta muestra, igual que la anterior, a pesar de proceder del mismo ambiente evaporítico con yesos, presenta un I.C. en el rango medio, superior al esperado (fig. 277).

## 12) Muestra "Pira". Fm Pira, Yesos de Pira

Presenta dos fases minerales, la del cuarzo (96,4 %) y la de la calcita (3,6 %).

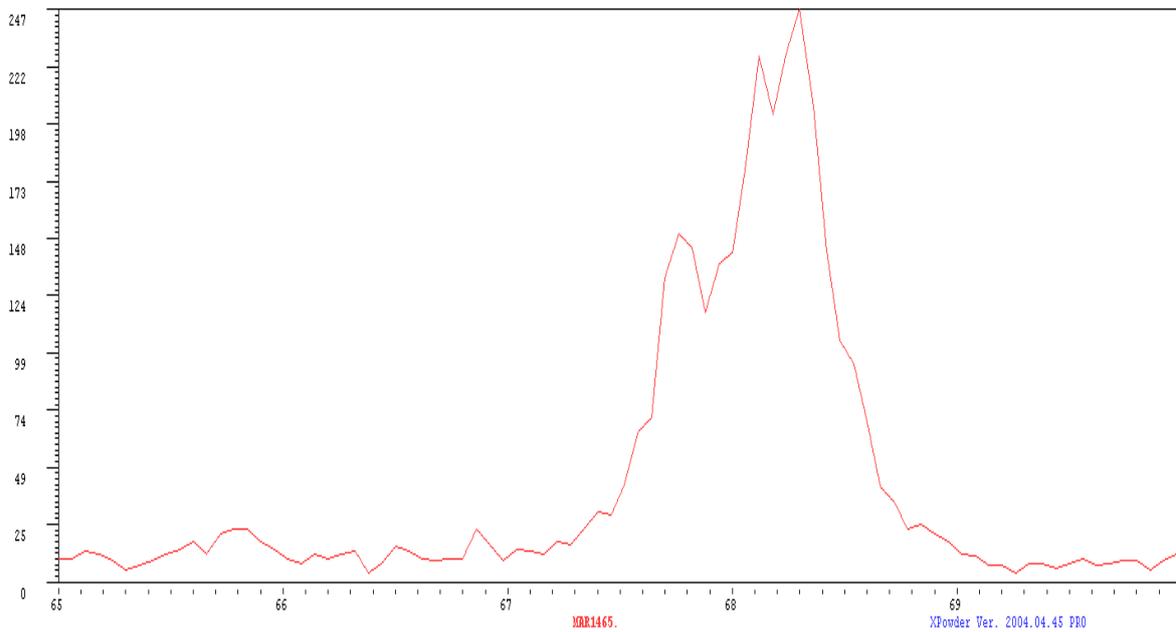


Fig. 278. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Pira". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,7 / 3,1 = 3,567$$

Esta muestra, a pesar de proceder de una formación evaporítica con yesos presenta un I.C. en el rango medio, superior al esperado para una formación de este origen (fig. 278).

### 13) Muestra "Prats". Fm Pira, Yesos de Els Prats

Esta muestra presenta una sola fase mineral, la del cuarzo (100%).

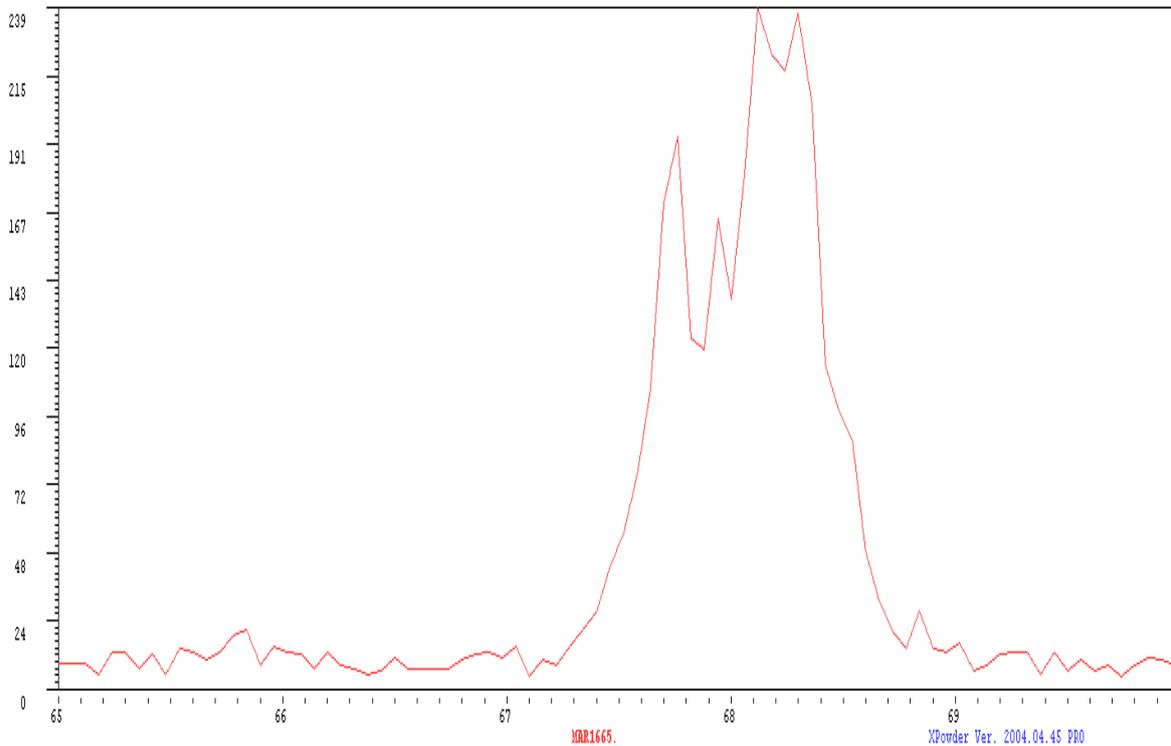


Fig. 279. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Prats". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 1,7 / 4,1 = 6,551$$

Esta muestra se desmarca de la anterior -de la misma formación- por su índice de cristalinidad de rango medio - alto, resultado bastante superior al esperado (fig. 279).

#### 14) Muestra "Sarral". Fm Pira, Yesos de Sarral

Esta muestra presenta una sola fase mineral, la del cuarzo (100 %).

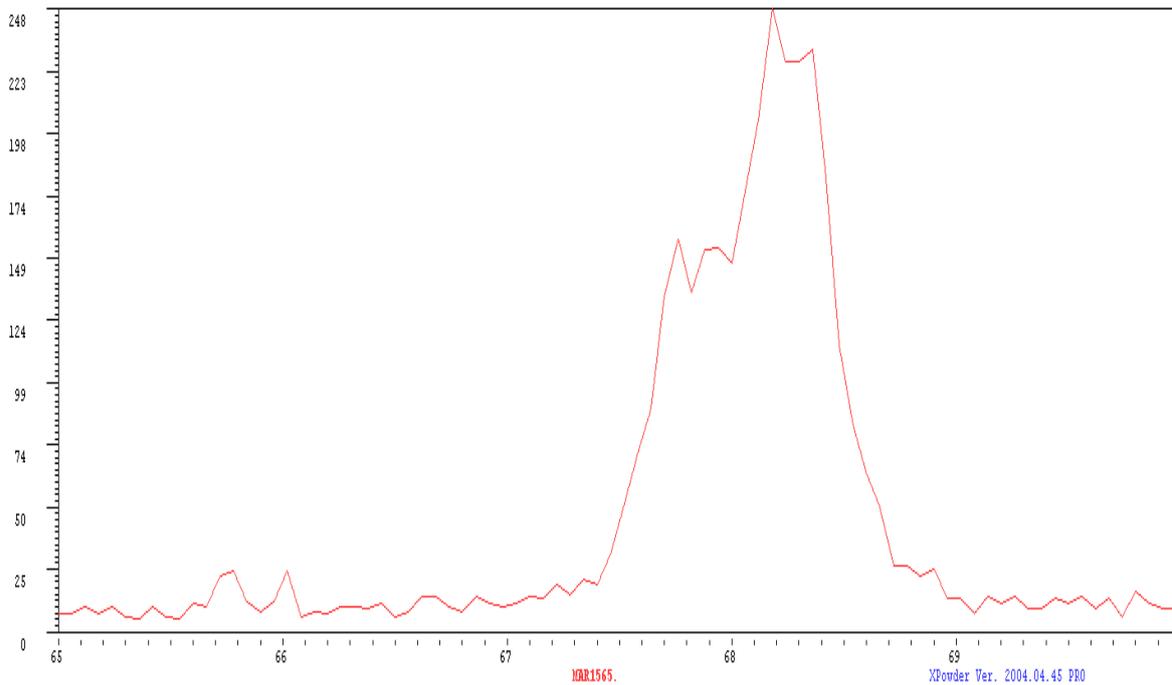


Fig. 280. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Sarral". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 0,5 / 3,2 = 2,468$$

Esta muestra, procede de una formación evaporítica con presencia de yesos, presenta un I.C. en el rango medio, superior al esperado (fig. 280).

### 15) Muestra "Blancafort". Fm Blancafort

Esta muestra contiene 2 fases minerales, el cuarzo (99,2%) como fase dominante y el yeso (0,8%) como fase accesoria.

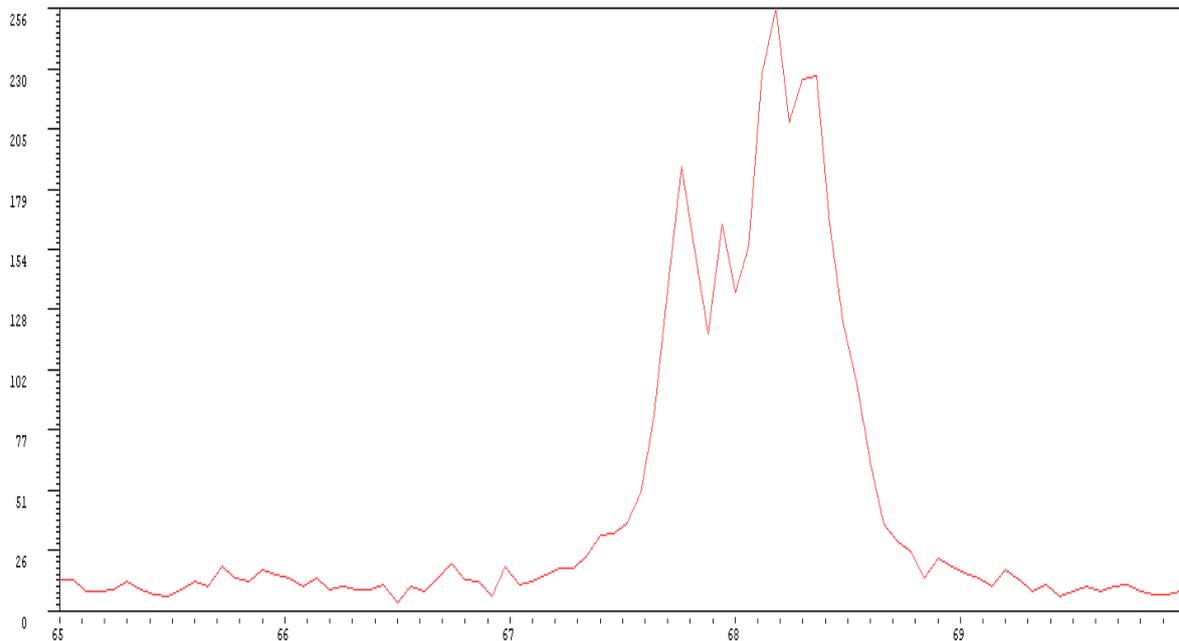


Fig. 281. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Blancafort". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 1,6 / 3,7 = 6,832$$

Esta muestra, procede de una formación evaporítica con yesos, presenta un I.C. en el rango medio - alto, bastante superior al esperado (fig. 281).

## 16) Muestra "Algerri". Fm La Serra Llarga

Esta muestra contiene 2 fases minerales, el cuarzo (98,5%) como fase dominante y la calcita (01,5%) como fase accesoria.

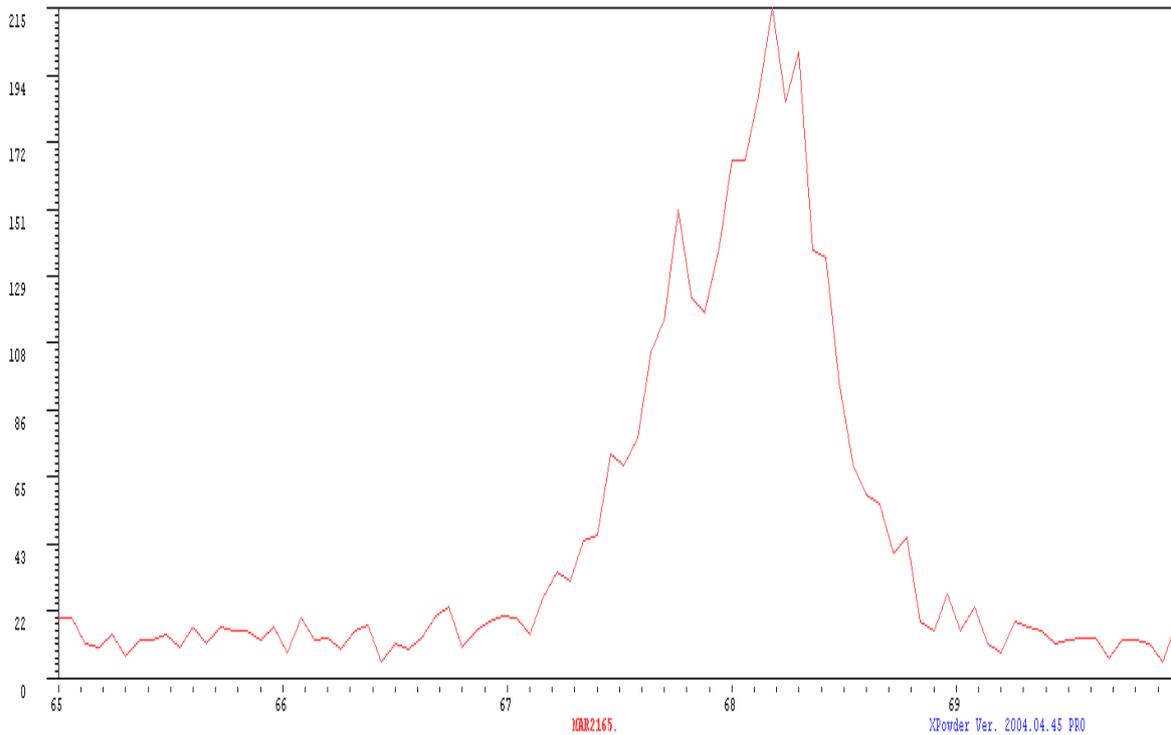


Fig. 282. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Algerri". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 1,58 * 0,8 / 3,5 = 3,611$$

Esta muestra presenta un I.C. de rango medio, siendo el esperado para muestras de origen calcáreo (fig. 282).

17) Muestra "Ballobar". Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca

Esta muestra contiene 2 fases minerales, el cuarzo (95,7) y la calcita (4,3%).

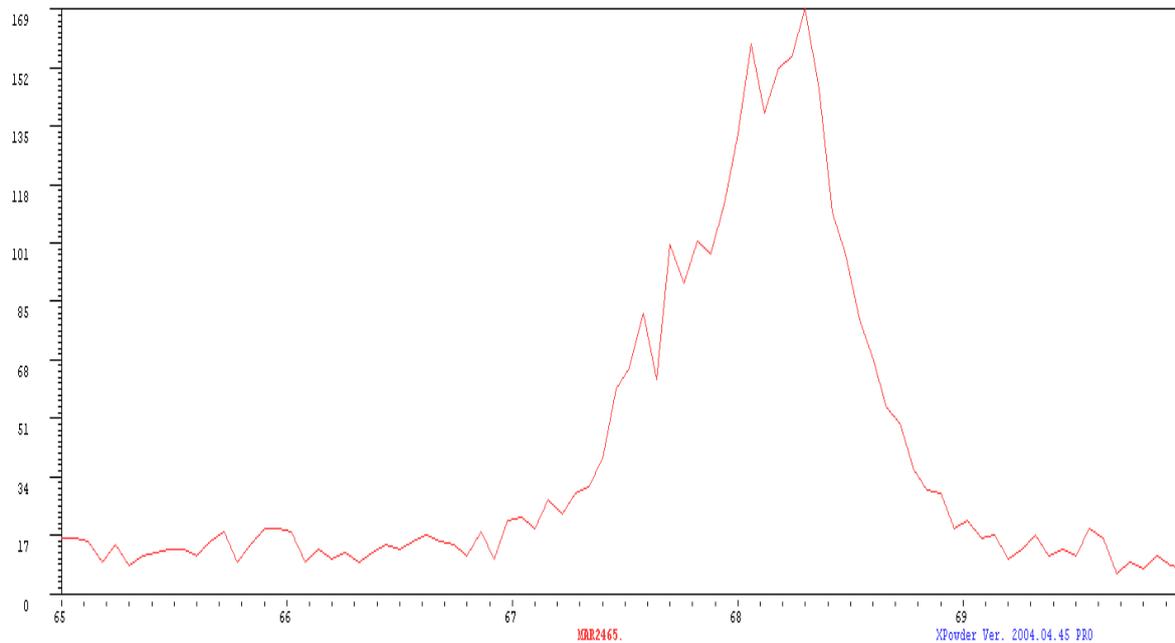


Fig. 283. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Ballobar". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 15,8 * 0,2/3,1 = 1,010$$

Esta muestra, procediendo de una formación calcárea, presenta un I.C. anormalmente bajo para dicho origen (fig. 283).

#### 8.3.3.4. Muestras arqueológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda

##### 18) Muestra "5". "Tipo A variedad I"

Esta muestra contiene dos fases minerales, el cuarzo (96,5%) y la calcita (3,5%).

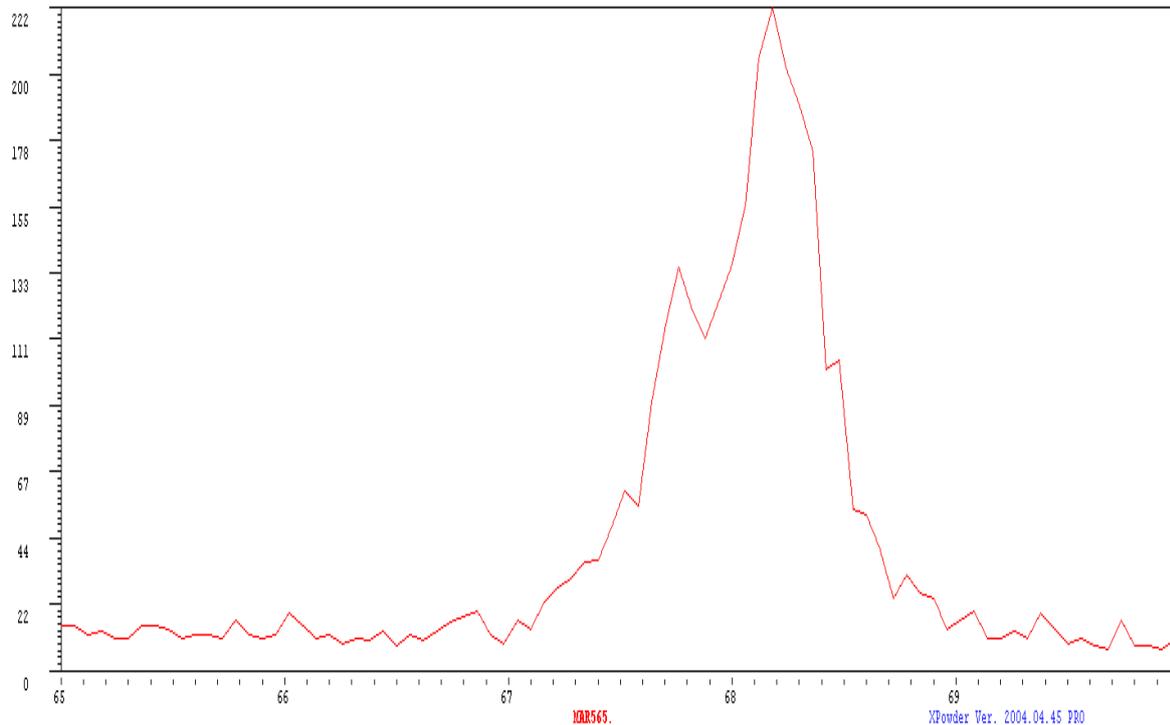


Fig. 284. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "5". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,7 / 3,7 = 2,989$$

Este resultado combinado con el hallazgo de las fases minerales de cuarzo y calcita nos indica que este sílex podría haber estado incluido con bastante probabilidad en una roca caja caliza (fig. 284).

### 19) Muestra "6". "Tipo A variedad II"

Esta muestra contiene dos fases minerales, el cuarzo (97,6%) y la calcita (2,4%).

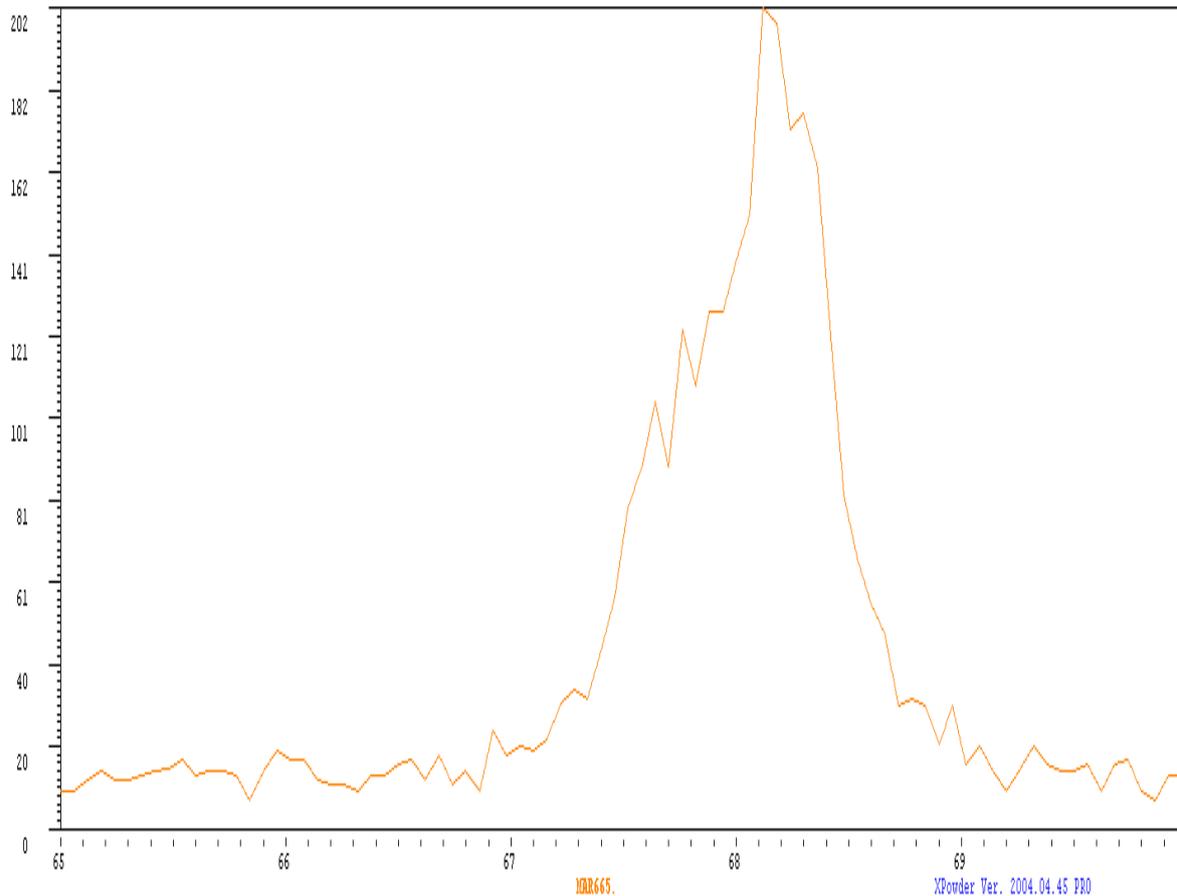


Fig. 285. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "6". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10*1,58*0,5/3,7= 2,135$$

Este resultado combinado con el hallazgo de las fases minerales de cuarzo y calcita nos indica que este sílex podría haber estado incluido con bastante probabilidad en una roca caja caliza (fig. 285).

## 20) Muestra "7". "Tipo B"

Este tipo tiene 2 fases minerales, el cuarzo (94,2%) y la calcita (5,8%).

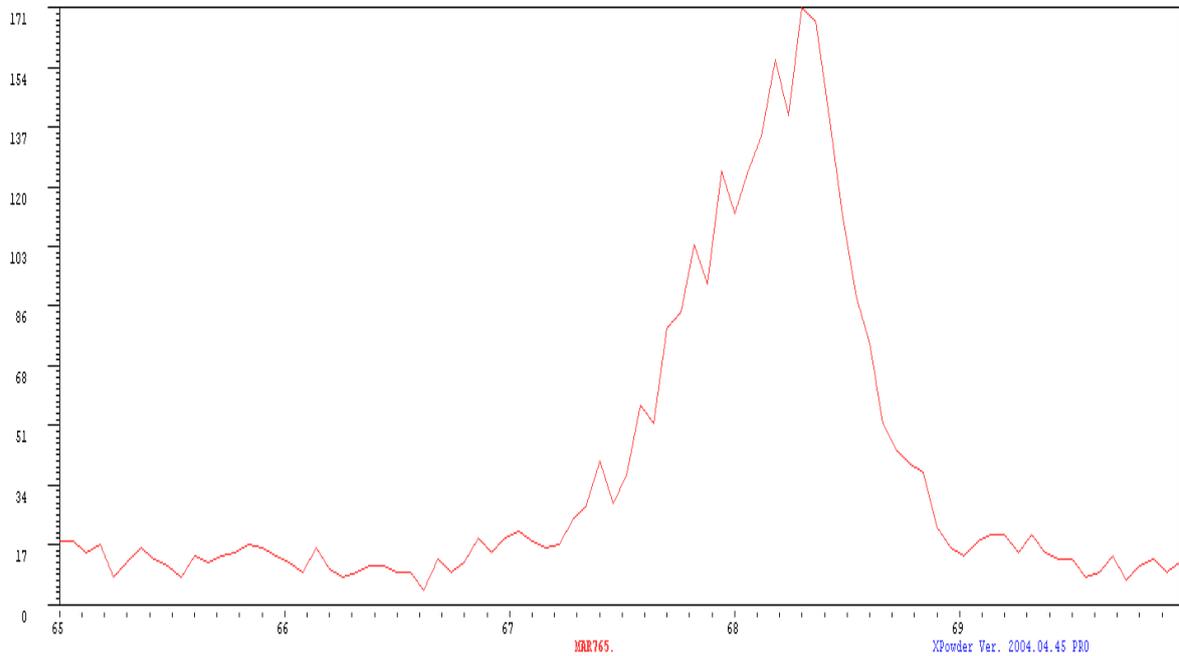


Fig. 286. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "7". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 10 * 1,58 * 0,4 / 3,8 = 1,663$$

Este resultado combinado con el hallazgo de las fases minerales de cuarzo y calcita y con las demás analíticas realizadas, nos indican que este sílex podría haber estado incluido en una roca caja caliza o dolomítica (fig. 286).

## 21) Muestra "8". "Tipo D"

Este tipo tiene solo una fase mineral, el cuarzo (100%).

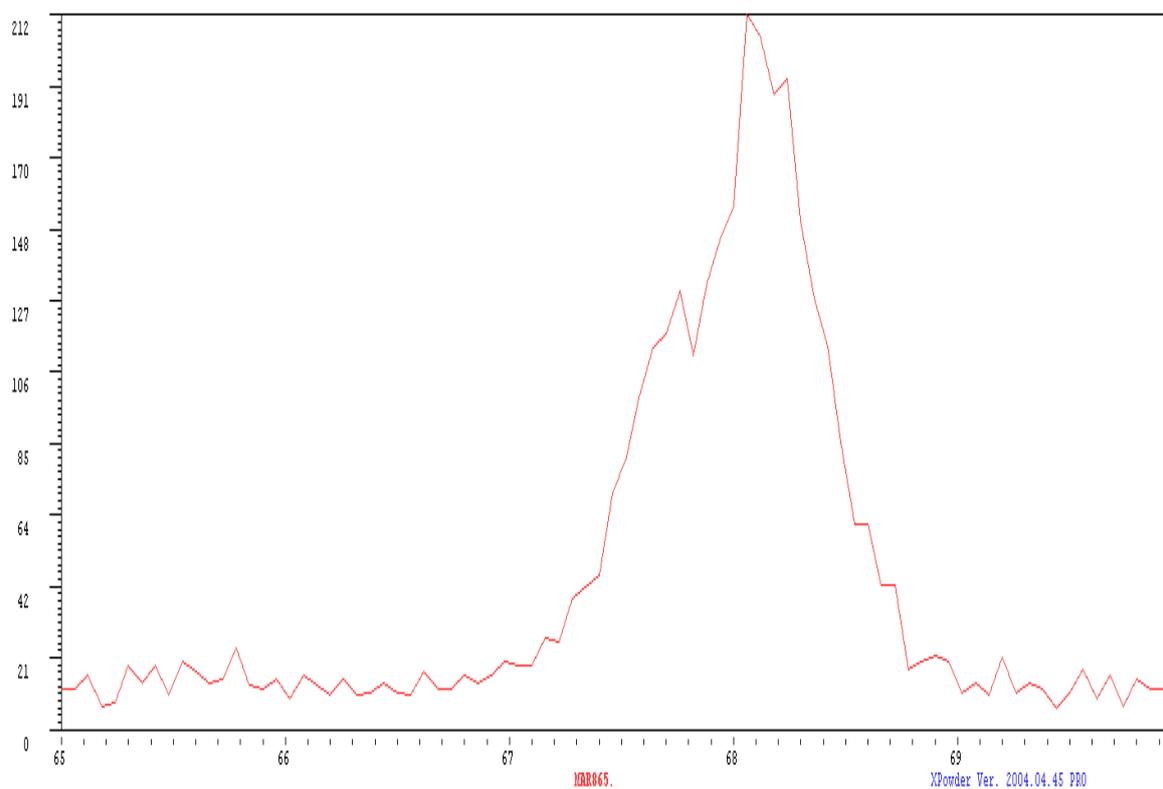


Fig. 287. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "8". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 10*1,58*0,6/3,5= 2,708$$

Este resultado, de I. C. en rango medio - bajo, nos indica que este sílex podría haber estado incluido con bastante probabilidad en una roca caja caliza (fig. 287).

### 8.3.3.5. Muestras geológicas relacionadas con el yacimiento de La Roureda

#### 22) Muestra "Pinar". Afloramiento secundario "Mas del Pinar"

Este tipo tiene solo una fase mineral, el cuarzo (100%).

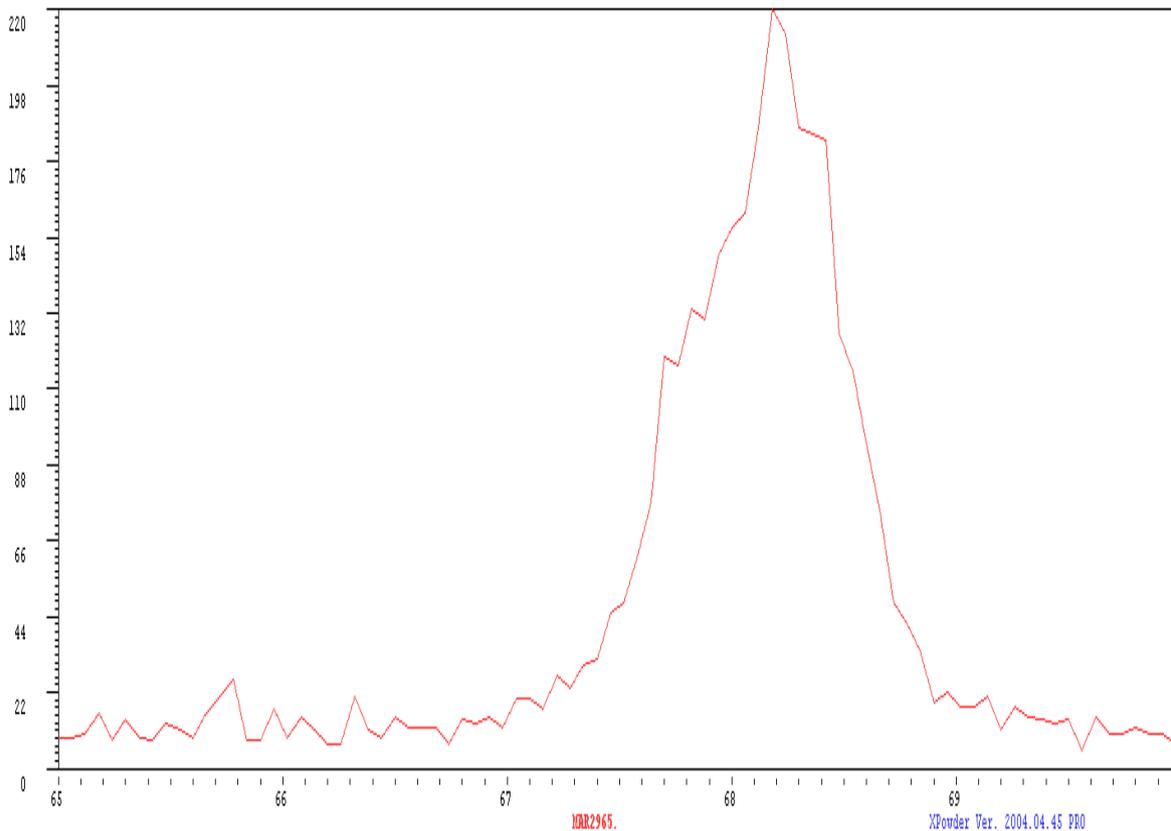


Fig. 288. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Pinar". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 15,8 * 01 / 2,7 = 0,585$$

Esta muestra presenta un I.C. de rango muy bajo, por lo que se podría deducir que este sílex pudiera haber estado incluido en una roca caja con matriz con yesos. Siendo este sílex procedente de un afloramiento secundario no podemos descartar ninguna posibilidad (fig. 288).

23) Muestra "Fortanete". Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno

Este tipo tiene solo una fase mineral, el cuarzo (100%).

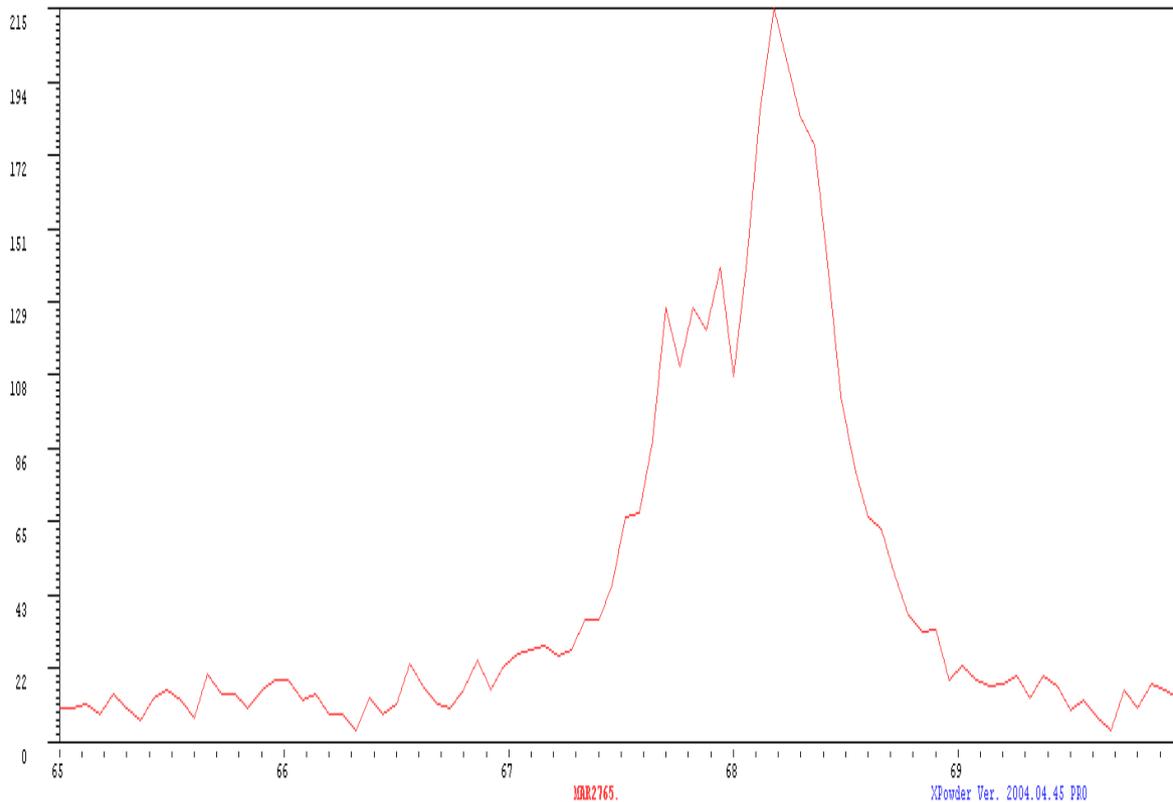


Fig. 289. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Fortanete". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 15,8*0,4/2,9= 2,179$$

Este resultado, de I. C. medio - bajo, se adecua al esperado en cuanto al origen calcáreo de la muestra (fig. 289).

24) Muestra "Estrella". Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense

Este tipo tiene solo una fase mineral, el cuarzo (100%).

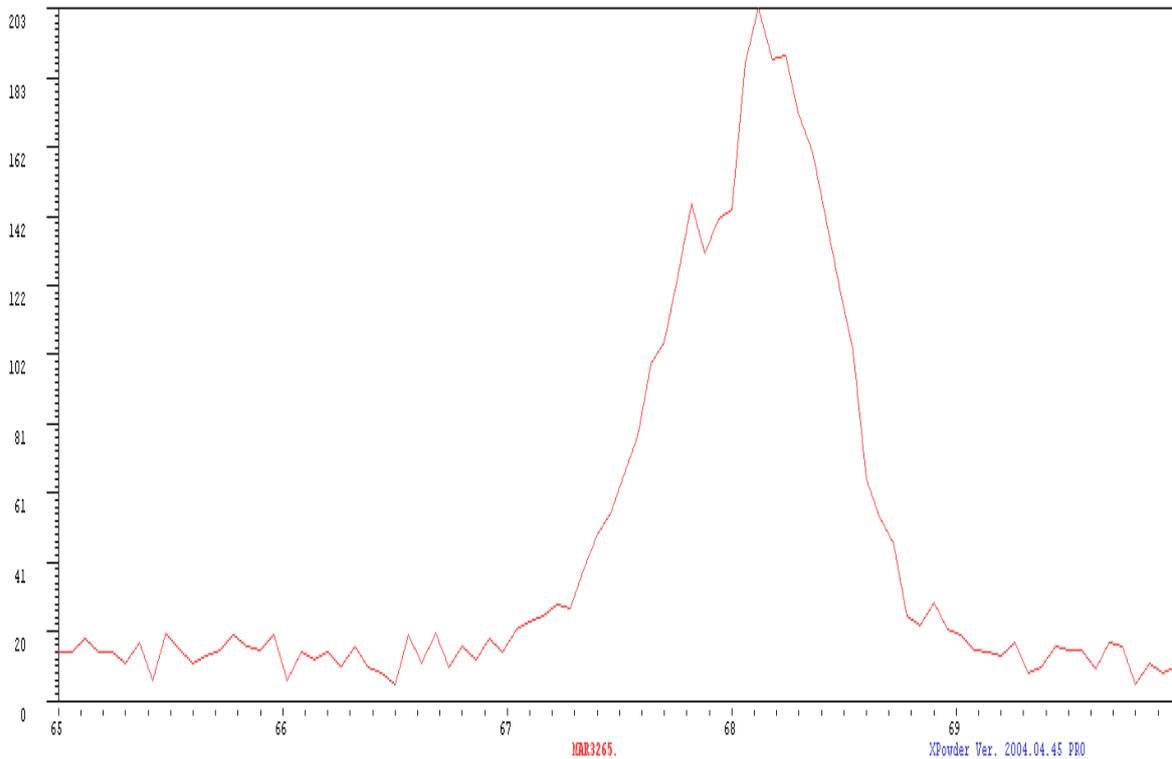


Fig. 290. Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Estrella". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C.= 15,8*0,4/ 3,6= 1,755$$

Esta muestra presenta un I.C. esperado para un sílex incluido en roca caja dolomítica (fig. 290).

## 25) Muestra "Trai". Conglomerados del Eoceno - Oligoceno

Este tipo tiene 2 fases minerales, el cuarzo (96,5%) y la calcita (3,5%)

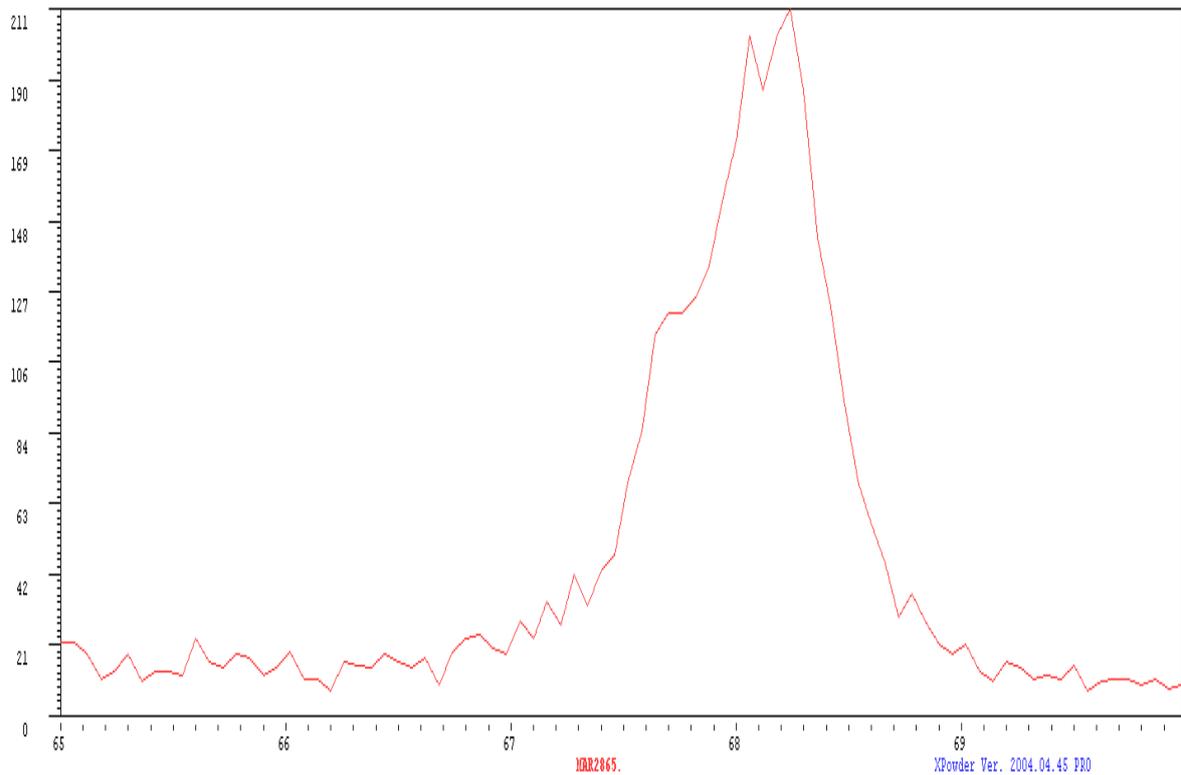


Fig. 291. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Trai". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 15,8 * 0,1 / 2,8 = 0,564$$

Esta muestra presenta un I.C. de rango muy bajo en relación a su roca caja calcárea (fig. 291).

26) Muestra "Fond". Carbonatos terciarios del Grupo Matarraña - Guadalupe

Esta muestra tiene dos fases minerales, cuarzo (91,4%) y calcita (8,6%).

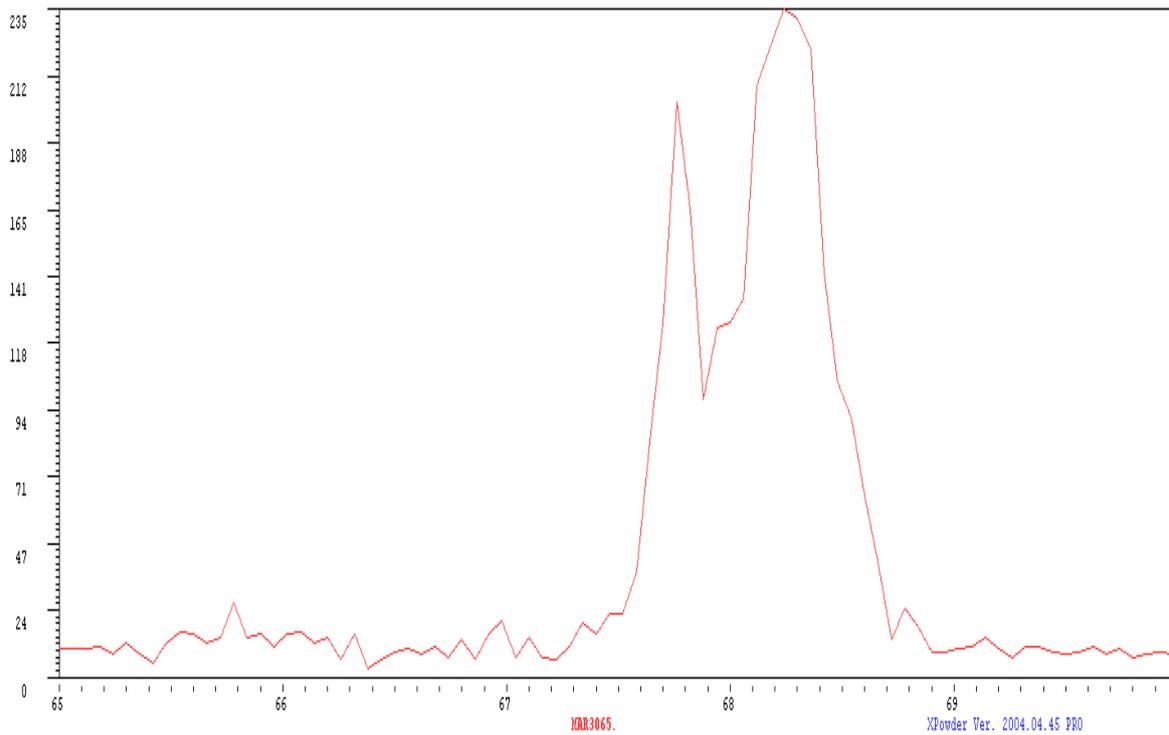


Fig. 292. Diffractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Fond". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.

Al calcular su índice de cristalinidad:

$$I.C. = 15,8 * 2,5 / 4,5 = 8,777$$

Esta muestra presenta un I.C. de rango elevado, caracterizando la formación caliza de la que procede (fig. 292).

### 8.3.3.6. Conclusiones

Tal y como hemos explicado anteriormente, esta técnica ha sido básicamente aplicada para caracterizar las muestras desde otro punto de vista analítico y así poder dotar a nuestra base de datos con más información: sus fases minerales principales, su índice de cristalinidad y en el caso de las muestras arqueológicas, el tipo de roca caja esperado.

La interpretación del Índice de Cristalinidad, además de lograr dichos propósitos ha sembrado también algunas dudas, pero veamos en primer lugar las conclusiones resumidas por tipos de sílex descritos y por formaciones (ver tabla 25):

- Tipos de sílex arqueológicos definidos para l'Hort de la Boquera:

Tipo 1 o "Sílex evaporítico": la variedad 1 tiene como fase única mineral el cuarzo y un I.C. de rango muy bajo; la variedad 2 tiene dos fases minerales, el cuarzo y la calcita como fase accesoria y un I.C. de rango muy bajo. Estos dos resultados concordarían con la posible procedencia de las muestras de una matriz con presencia de yeso (ambiente evaporítico).

Tipo 2 o "Sílex de carofitas": sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita (aunque esta fase es la más elevada de los 3 tipos arqueológicos, con casi un 8% de presencia) y su I.C. está en rango medio. Estos resultados podrían relacionarse con la procedencia de una matriz caliza.

Tipo 3 o "Sílex Negro": sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y su I.C. está en rango bajo. Estos resultados podrían relacionarse con la procedencia de una matriz dolomítica.

- Formaciones geológicas con sílex potencialmente relacionadas con l'Hort de la Boquera:

Fm Montsant: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y el yeso y sus I.C. oscilan desde rangos altos (8,2) a rangos bajos (1,8), debido en gran medida al origen de la formación, niveles de conglomerado de distinta etiología.

Complejo Ulldemolins: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y sus I.C. oscilan de rangos bajos a medios, pero sin grandes diferencias. Sus resultados concuerdan con su procedencia - matriz con presencia de yeso (ambiente evaporítico)-.

Fm Valldeperes: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y sus I.C. se corresponden a rangos medios sin grandes oscilaciones. Sus resultados difieren de su procedencia evaporítica (matriz con yesos).

Fm Pira: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y sus I.C. oscilan de un rango medio a un rango medio alto. Sus resultados difieren de su procedencia evaporítica (matriz con yesos).

Fm Blancafort: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida el yeso y su I.C. se sitúa en un rango medio-alto. Sus resultados difieren de su procedencia evaporítica (matriz con yesos).

Fm La Serra Llarga: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y sus I.C. se sitúa dentro de un rango medio, sin grandes variaciones. Sus resultados concuerdan con su procedencia caliza.

Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca: sus fases minerales son el cuarzo y en menor medida la calcita y su I.C. es de rango bajo. Sus resultados difieren de su procedencia caliza.

- Tipos de sílex arqueológicos definidos para La Roureda

Tipo "A": las fases minerales para la variedad I son el cuarzo y en menor medida la calcita y su I.C. se sitúa en un rango medio-bajo; las fases minerales para la variedad II son el cuarzo y en menor medida la calcita y sus I.C. también se sitúan en un rango medio-bajo. Estos resultados concordarían con la procedencia de las muestras de una roca caja caliza.

Tipo "B": las fases minerales son el cuarzo y la calcita como fase accesoria y su I.C. se sitúa en un rango bajo. Estos resultados concordarían con la procedencia de la muestra de una roca caja caliza o dolomítica.

Tipo "D": la única fase mineral es el cuarzo y su I.C. se sitúa en un rango bajo. Estos resultados concordarían con la procedencia de la muestra de una roca caja caliza.

- Formaciones geológicas con sílex potencialmente relacionados con La Roureda

Afloramiento secundario "Mas del Pinar": su única fase mineral es el cuarzo y su I.C. se sitúa en un rango muy bajo por lo que se podría deducir que este sílex hubiera estado incluido en una roca caja yesífera. Siendo un afloramiento de estas características, el análisis de este nódulo aislado no tendría valor por sí sólo.

Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno: su única fase mineral es el cuarzo y su I.C. se sitúa en un rango bajo. Sus resultados concuerdan con su procedencia caliza.

Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense: su única fase mineral es el cuarzo y su I.C. se sitúa en un rango bajo. Sus resultados concuerdan con su procedencia dolomítica.

Conglomerados del Eoceno - Oligoceno: las fases minerales son el cuarzo y la calcita como fase accesoria y su I.C. se sitúa en un rango muy bajo. Sus resultados no concuerdan con su procedencia caliza.

Carbonatos terciarios del Grupo Matarraña - Guadalupe: las fases minerales son el cuarzo y la calcita como fase accesoria y su I.C. se sitúa en un rango muy alto. Sus resultados concuerdan con su procedencia caliza.

Veamos en la siguiente tabla los datos aportados por la Difracción de Rayos X (tabla 25):

MUESTRAS	Tipo	FASES MINERALES (%)			I.C.	OBSERVACIONES
		Cuarzo	Calcita	Yeso		
<b>TIPO 1/ EVAPORÍTICO</b>						
"HB05.J5.768". Tipo 1-1	Arqueológica	100			0,343	I. C. posible indicador de origen evaporítico
"HB12.H6.1044". Tipo 1-2	Arqueológica	97,7	2,3		0,81	I. C. posible indicador de origen evaporítico
"Cabacés III". Fm Montsant	Geológica	84,6	15,4		8,259	I.C. concuerda con roca caja conglomerática
"Albarca Conglomerat". Fm Montsant	Geológica	98,3		1,7	1,805	I. C. indicaría ambiente evaporítico
"1M" Ulldemolins (B). Complejo Ulldemolins.	Geológica	100			4,06	I.C. demasiado alto para origen evaporítico
"Entrada de Albarca (D). Complejo Ulldemolins	Geológica	98,5	1,5		3,16	I.C. demasiado alto para origen evaporítico
"Vilaverd". Fm Valldeperes.	Geológica	98,2		1,8	3,16	I. C. demasiado alto para origen evaporítico
"Lilla". Fm Valldeperes	Geológica	98,8		1,2	3,511	I. C. demasiado alto para origen evaporítico
"Pira". Fm Pira.	Geológica	96,4	3,6		3,567	I.C. demasiado alto para origen

						evaporítico
"Prats". Fm Pira.	Geológica	100			6,551	I.C. demasiado alto para origen evaporítico
"Sarral". Fm Pira.	Geológica	100			2,468	I.C. ligeramente más alto de lo esperado para origen evaporítico
"Blancafort". Fm Blancafort	Geológica	99,2		0,8	6,832	I.C. demasiado alto para origen evaporítico
<b>TIPO 2/ DE CAROFITAS</b>						
"HB09.G6.3590"	Arqueológica	92,4	7,6		5,51	I.C. posible indicador de roca caja calcárea
"Ballobar". Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca	Geológica	95,7	4,3		1,01	I.C. anormalmente bajo para roca caja calcárea
<b>TIPO 3/ SÍLEX NEGRO</b>						
"HB13.H7.1301"	Arqueológica	98,5	1,5		1,708	I.C. posible indicador de roca caja calcárea
"Algerri". Fm La Serra Llarga	Geológica	98,5	1,5		3,611	I. C. concuerda con roca caja calcárea
<b>TIPO A</b>						
"5". Tipo A variedad I	Arqueológica	96,5	3,5		2,989	I.C. posible indicador de roca caja calcárea
"6". Tipo A variedad II	Arqueológica	97,6	2,4		2,135	I.C. posible indicador de roca caja calcárea
"Traiguera". Conglomerados	Geológica	96,5	3,5		2,179	I.C. concuerda con roca caja calcárea
"Fortanete". Calizas con niveles margosos.	Geológica	100			0,585	I.C. muy bajo para roca caja calcárea
"Mas del Pinar". Afloramiento secundario	Geológica	100			0,654	I.C. muy bajo para roca caja conglomerática
<b>TIPO B</b>						
"7".	Arqueológica	94,2	5,8		1,663	I.C. posible indicador de roca caja calcárea o dolomítica
"Estrella". Dolomías, margodolomías y calizas	Geológica	100			1,755	I.C. concuerda con roca caja calcáreo-dolomítica
<b>TIPO D</b>						
"8"	Arqueológica	100			2,708	I.C. posible indicador de roca caja calcárea
"Fond". Carbonatos terciarios	Geológica	91,4	8,6		8,777	I.C concuerda con roca caja calcárea

Tabla 25. Resumen de los datos aportados por la técnica de la Difracción de Rayos X.

Como se puede apreciar por los resultados obtenidos relacionar directamente los resultados de los I.C. de las muestras arqueológicas con los resultados de los I.C de las muestras geológicas para el propósito de la asignación de su origen es una tarea algo osada. Los resultados, aunque de gran precisión para cada muestra, resultan ser vagos e imprecisos para poder afirmar categóricamente una u otra procedencia de los sílex arqueológicos, teniendo en cuenta además el irrisorio número de muestras analizadas. Un estudio exhaustivo debería incluir al menos decenas de muestras para su posterior comparación.

En nuestro análisis, de un total de 18 muestras arqueológicas tan sólo los resultados de 10 índices de cristalinidad se corresponderían, según las conclusiones obtenidas en 1979 por Bustillo y La Iglesia, con los resultados de los índices esperados para sus rocas caja reales.

En el caso por ejemplo del sílex "Tipo 1-1" procedente de l'Hort de la Boquera, la formación con la que se podría establecer un mayor paralelo es la del Complejo Ulldemolins, nivel de yesos B, pero con tan sólo este dato no habría suficiente evidencia para dicha afirmación. Será la conjugación de todos los datos recopilados más la adición de los datos de I.C. calculados en este capítulo los que quizás podrán arrojar algo más de luz a la investigación, siendo los I.C. un dato accesorio dentro del conjunto analítico. Estos índices van a engrosar la base de datos ya configurada para poder utilizarlos, ahora o en futuro, para este u otro menester relacionado con nuestras muestras.

#### 8.3.4 Análisis mediante Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA)

La Espectrometría de Masas con fuente de Plasma de Acoplamiento Inductivo y Ablación Láser (ICP-MS-LA) es una técnica geoquímica que permite determinar y cuantificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica, tiene especial relevancia para obtener las concentraciones de las Tierras Raras.

Dicha técnica se empleó en el marco de la segunda estancia breve con dos propósitos:

- El primero fue el de caracterizar geoquímicamente todas las muestras tanto geológicas como arqueológicas relacionadas con el abrigo de l'Hort de la Boquera pudiendo de esta forma complementar los resultados ya obtenidos con las otras técnicas mineralógicas

anteriormente empleadas (como la Microscopía Óptica, la Microscopía Electrónica de Barrido y la Espectroscopía micro-Raman).

- El segundo y más particular propósito ha sido el de hallar aquellos elementos químicos discriminantes que podrían ayudarnos a diferenciar los siete distintos niveles de yeso conteniendo sílex del Complejo Ulldemolins así como las muestras arqueológicas del Tipo 1-1 para poder compararlas e intentar averiguar de manera más detallada - a nivel de punto de afloramiento- su proveniencia.
- Un tercer y último propósito ha sido el de comprobar la afectación que la patinación puede tener en las muestras y observar si existe, o no, una transformación a nivel químico.

Se han analizado 33 fragmentos correspondientes a 29 muestras, de los cuales, 16 se corresponden con muestras geológicas de varias formaciones y 13 con muestras arqueológicas de los tipos 1, 2 y 3 (fig. 293). Por cuestiones prácticas que acabamos de explicar, se va a centrar la explicación del análisis muestras solamente a las correspondientes al Complejo Ulldemolins y al Tipo 1-1.

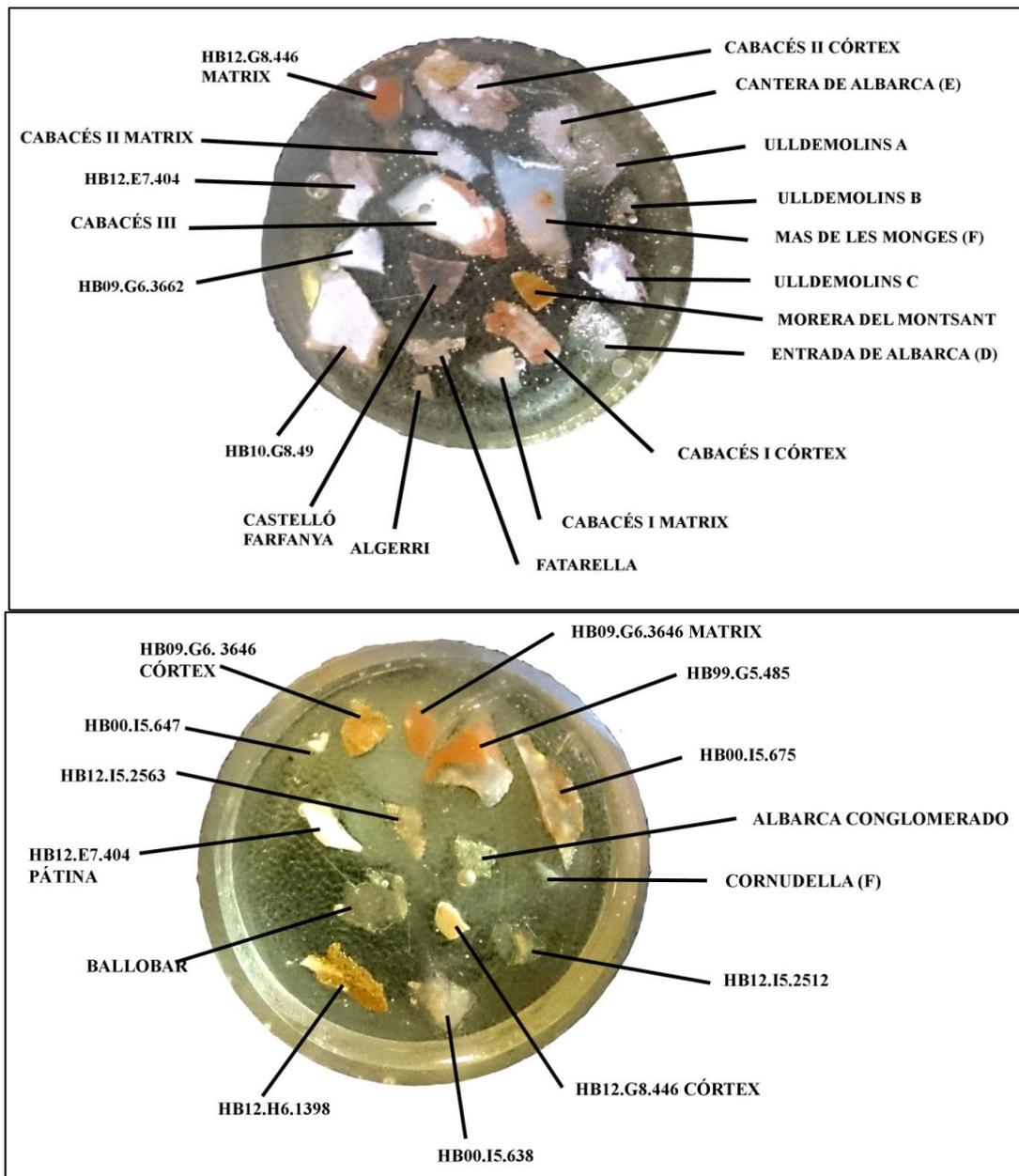


Fig. 293. Pastillas realizadas con los 33 fragmentos de 29 muestras distintas.

Las muestras analizadas han sido las siguientes:

- los 7 niveles de yeso del Complejo Ulldemolins:

Ulldemolins A, B y C, Entrada de Albarca D, Albarca Cantera E, Mas Monges F y Cornudella G.

- un total de 8 muestras arqueológicas del sílex Tipo 1-1, escogiendo las que presentaban diferentes aspectos, por su distinta coloración (granate, translúcida, amarillenta) - estudios previos como los de Andreeva *et al.* (2014) demostraron diferencias geoquímicas sutiles en

muestras de distinto cromatismo-, por la presencia de inclusiones, etc., siempre para poder obtener un espectro geoquímico más amplio y obtener más información. Las muestras han sido las siguientes:

HB12-I5-2512, HB12-H6-1398, HB12-I5-638, HB00-I5-675, HB12-I5-2563, HB99-G5-485, HB09-G6-3646 y HB00-I5-647.

#### 8.3.4.1. Metodología y proceso de análisis

Este capítulo va a hacer especial hincapié en el análisis de las Tierras Raras (en adelante TTRR).

##### *Las Tierras Raras*

Las TTRR son aquel grupo de elementos traza más útiles y los que tienen casi más importantes aplicaciones en petrología (Rollinson, 1993). Se trata de aquella serie de metales con números atómicos que comprenden del 57 al 71 incluyendo dos excepciones, el Escandio (21) y el Itrio (39) los cuales tienen propiedades químicas y físicas muy similares que hacen que se clasifiquen como tales.



Fig. 294. Clasificación de las Tierras Raras. Fuente: [www.miningpress.com](http://www.miningpress.com), visitada en diciembre de 2015.

Se dividen en TTRR Ligeras o Tierras de Cerio y en TTRR Pesadas o Tierras de Itrio (fig. 294).

Las concentraciones de TTRR en rocas se normalizan con un estándar de referencia casi siempre utilizado: se trata de los valores de los meteoritos condriticos (o condritas), que son escogidos por representar el sistema solar desde la primera nucleosíntesis (Rollinson 1993). Existe un patrón en zig zag de las TTRR que se va repitiendo en todas las muestras terrestres. Este patrón contiene mayor concentración de TTRR de números atómicos más estables y menor concentración para las TTRR de números atómicos menos estables (fig. 295). Los *spider* diagrams o diagramas normalizados de multielementos se basan en esta premisa y se han utilizado los valores estándar de Nakamura 1974 para su realización (Rollinson 1993).

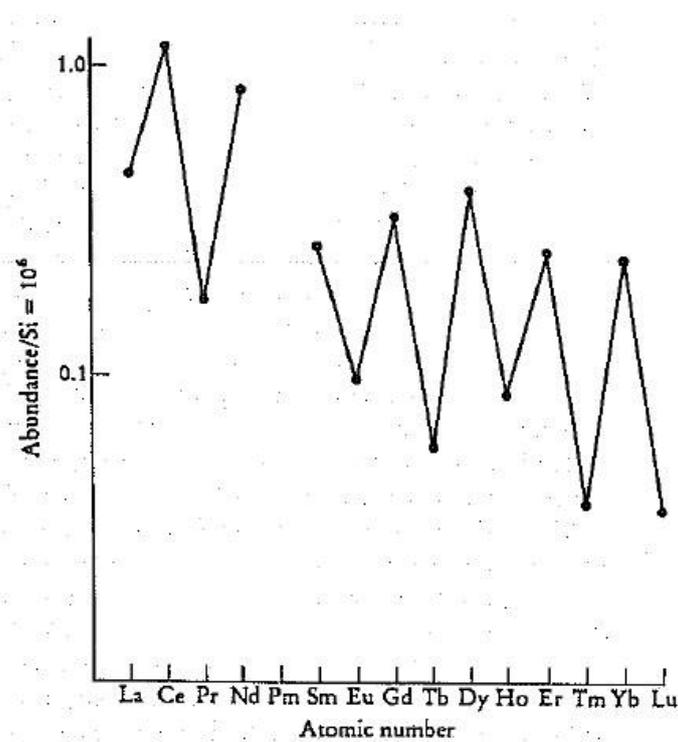


Fig 295. Ejemplo de patrón en zig zag de las TTRR. Los elementos con número atómico par son más abundantes que los elementos con número atómico impar. (Rollinson, 1993).

#### *Proceso analítico y de interpretación de resultados*

Las muestras fueron analizadas bajo los siguientes parámetros: 3 disparos por muestra, de un tamaño de 110  $\mu\text{m}$  (fig. 296), con una frecuencia de 7 Hz y 4 J/cm<sup>2</sup>. Recordemos que el ICP-MS se programó para analizar los siguientes elementos:

- elementos mayoritarios: Al, Ca, Ti, <sup>52</sup>Cr, Mn, Ni, Cu, Rb, Sr, Zr, Nb, Ba, Ca, Pb, Hf;

- TTRR: La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y, Sc<sup>25</sup>

- Actínidos: Th, U.

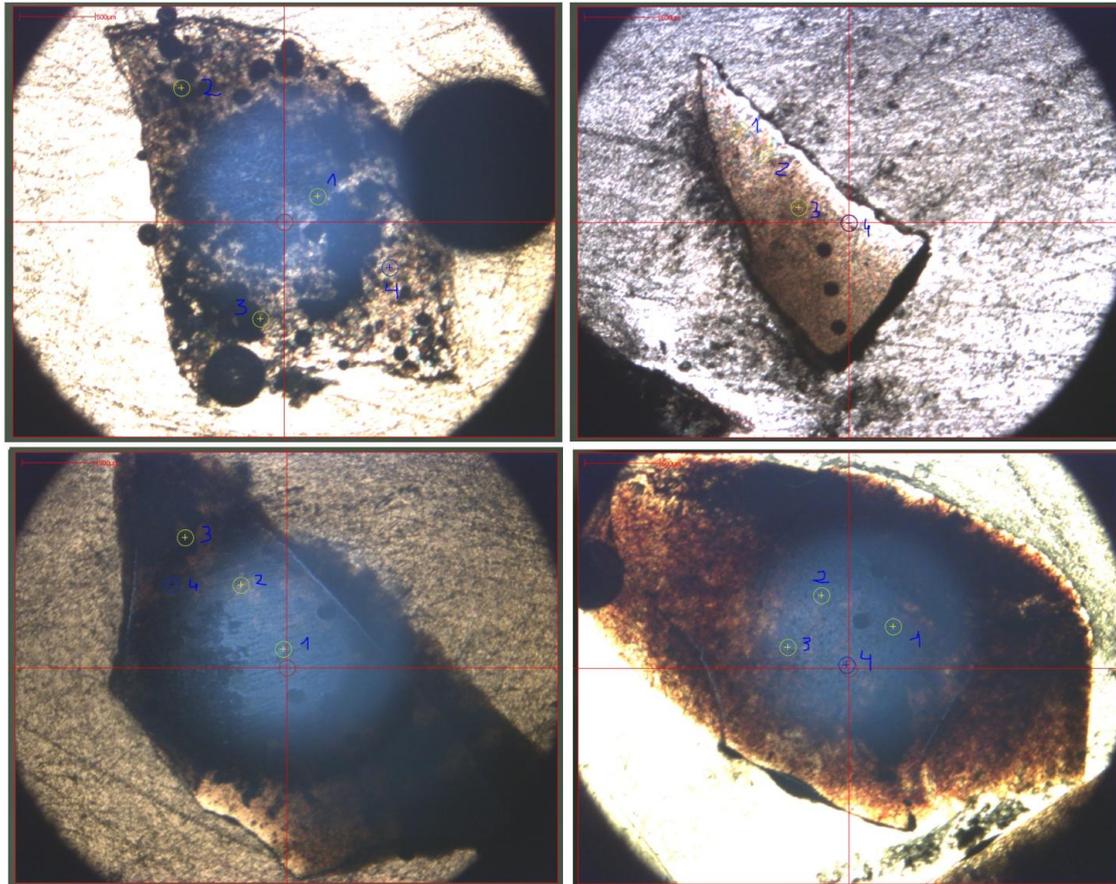


Fig. 296. De arriba a abajo y de izquierda a derecha: disparos visibles en las muestras; Albarca Conglomerado; Cornudella (F); HB12-I5-2563, sílex Tipo 1 var.1; HB99-G6-3646 Matriz, sílex Tipo 1 var. 1. ICP-MS-LA.

La concentración de TTRR fue calculada mediante el software Iolite (Paton *et al.* 2011). Los datos fueron normalizados usando el material de referencia NIST 612 glass (como primer estandar) y la calidad de los datos se chequeó y fue monitorizada con el material de referencia NIST 614 (con concentraciones alrededor de 1 ppm para la mayoría de elementos y 2 errores

<sup>25</sup> El Sc, aunque es un metal de transición, por sus características y similitudes se clasifica entre los Lantánidos, considerándolo a tales efectos como tierra rara.

estandard que oscilaban entre el 3 - 7 % excepto para el Ti, Ni y el Cu) y el material de referencia NIST 610 (con concentraciones alrededor de 400-500 ppm para la mayoría de elementos y 2 errores estandard que oscilaban entre 2 to 5 %) (Dr. Næraa, com. pers.).

Cuando los expertos facilitan las hojas de cálculo con los resultados obtenidos en el ICP-MS el proceso debe seguir unas pautas. El proceso de interpretación de resultados es sin duda laborioso, de sumo detalle y extrema paciencia.

En primer lugar, los resultados de las hojas de cálculo deben ser tratados, eliminando todos aquellos resultados inusuales (negativos, sin valor, resultados que sobrepasen el nivel aceptable de error, TTRR con niveles muy bajos de detección, etc.) que no puedan aportar nada a la posterior interpretación. El siguiente paso es la ordenación y creación, en distintas hojas de cálculo, de las agrupaciones de muestras que se quieran comparar, con criterios propios útiles para la investigación. Seguidamente y para poder plasmar dichos resultados de forma gráfica se pueden utilizar varios programas de tratamiento y manipulación de datos geoquímicos, en este caso se han utilizado dos, el Igpert y el GCD Kit (Geochemical Data Toolkit).

En nuestro caso particular, fueron necesarios varios análisis (reajustes del ICP-MS-LA) y varias interpretaciones de los resultados para alcanzar, en la mayoría de las muestras, unos niveles aceptables de detección de elementos tanto mayoritarios como TTRR tal y como se observa en la figura (fig. 297)

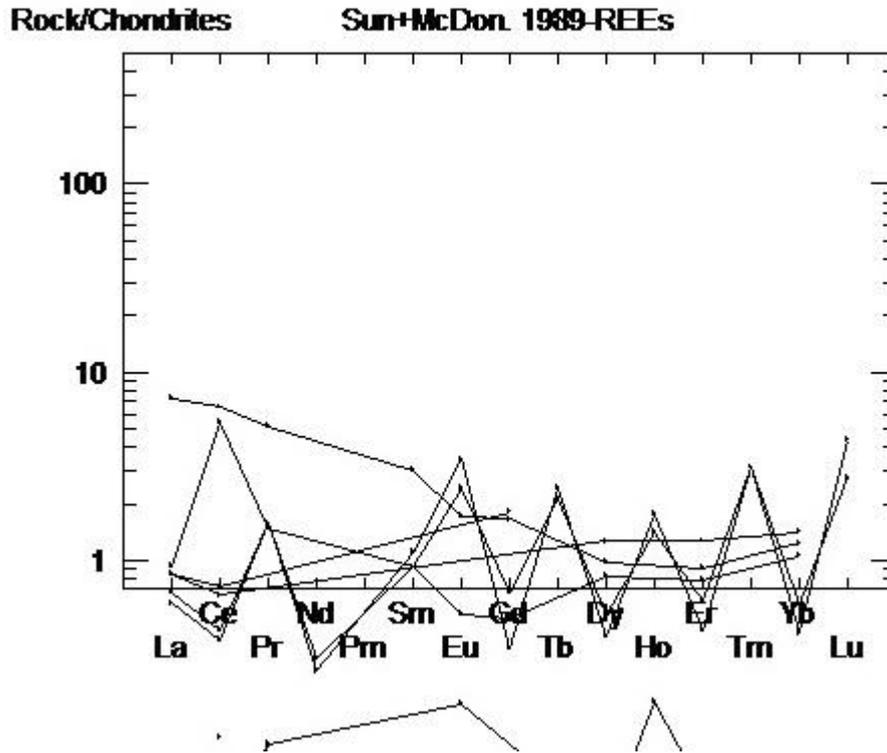


Fig. 297. Primer diagrama *spider* de condritas obtenido en la primera interpretación que compara las concentraciones de TTRR de las muestras correspondientes al Complejo Ulldemolins, la Fm Montsant y la Fm Morera del Montsant. Tal y como se observa hay resultados que se hallan por debajo de los límites de detección.

Programa Igpet.

#### 8.3.4.2 Resultados

Tal y como se ha explicado anteriormente, en primer lugar se debe comprobar que los 3 disparos en una misma muestra contienen similares concentraciones de elementos, para así poder cerciorarse de que si más tarde se escoge uno solo de esos puntos los resultados van a ser correctos (Dr. Soler Gil, com. pers.). Veamos los resultados para los tres disparos en las cuatro muestras en el siguiente diagrama *spider* (fig. 298):

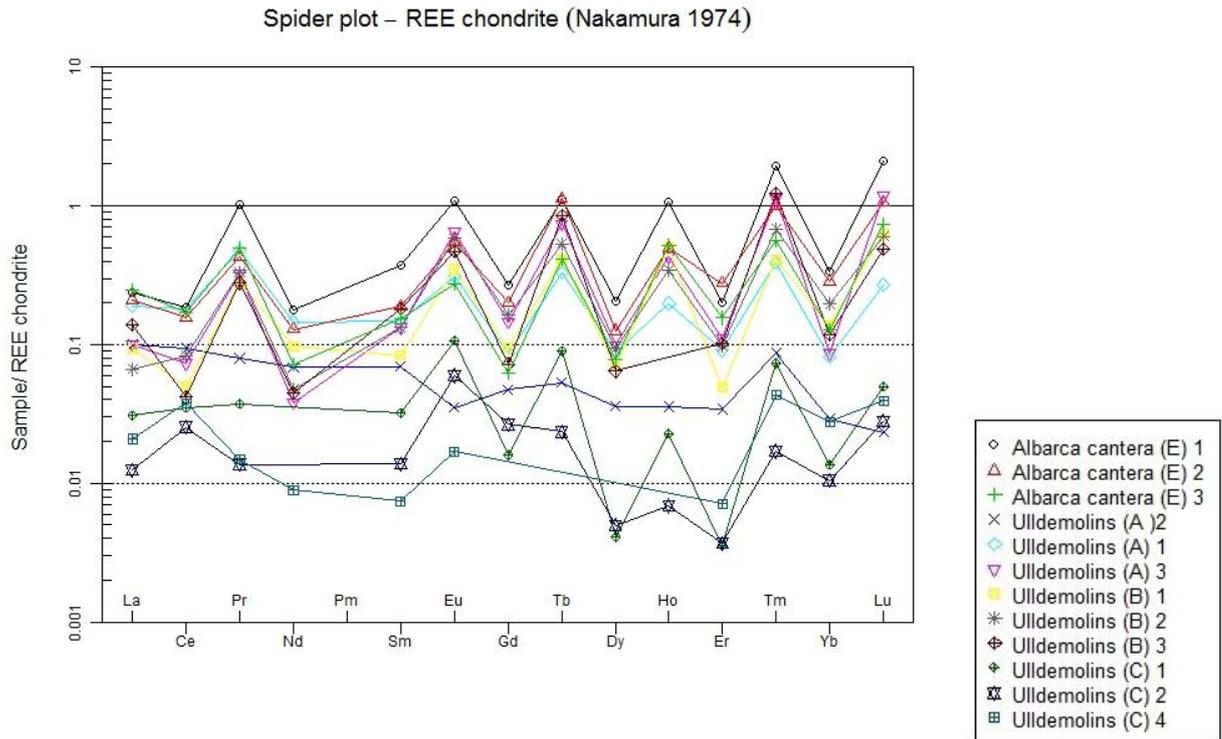


Fig. 298. Diagrama *spider* para los tres puntos analizados de tres muestras geológicas disitintas.

En este diagrama se observan dos tendencias en cuanto a concentración de TTRR, la primera, marcada por los puntos correspondientes a las muestras Albarca cantera (E), Ulldemolins (A), Ulldemolins (B), donde la mayoría de puntos analizados se comportan de manera similar, y la segunda tendencia marcada por la muestra Ulldemolins (C). Vemos, por consiguiente, algunas diferencias geoquímicas distinguibles.

Para observar mejor estas diferencias se ha procedido a realizar un diagrama binario donde se han comparado las relaciones entre Ce/La (fig. 299):

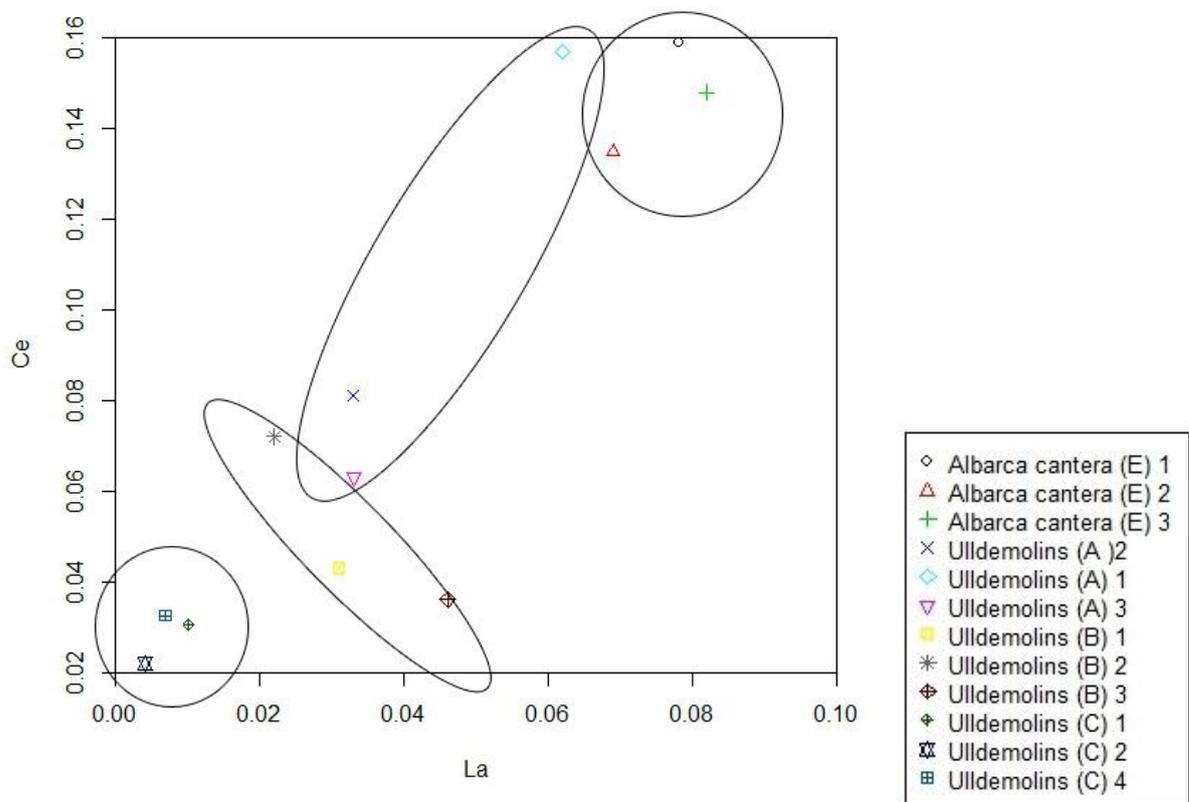


Fig. 299. Diagrama binario de la relación Ce/La existente entre los diferentes puntos analizados para cuatro muestras geológicas.

Se ha comparado la relación de concentraciones de Ce/La que existe entre todos los puntos de las cuatro muestras escogidas. Se puede observar que los puntos de cada muestra se comportan de un modo similar, dando lugar a una discriminación entre muestras. La muestra Ulldemolins (A) muestra algo más de dispersión pero dentro de límites normales.

Realizado este primer paso, vamos a continuar con el análisis comparativo de las muestras geológicas con las muestras arqueológicas.

En primer lugar se ha procedido a realizar sendos diagramas *spider* de condritas, uno para el grupo de muestras geológicas y otro para las muestras arqueológicas y así poder observar a simple vista los patrones de las concentraciones de TTRR y ver el grado de homogeneidad entre grupos de muestras.

En segundo lugar se ha procedido a realizar el análisis comparativo de los dos grupos de muestras (geológicas frente a arqueológicas) y así poder comprobar su similitud geoquímica.

Para tal propósito se han comparado los resultados geoquímicos entre elementos mayoritarios (Sr/Mn; Pb/Ca), entre TTRR (Ce/La; La/Nd); elementos mayoritarios y uranio (U/Sr/Pb) y entre TTRR y uranio (Nd/U) (La/Nd/Ce). Los elementos Sr, Pb y Nd han sido escogidos en base a que son elementos muy pesados que normalmente no se combinan con otros elementos presentes en los materiales sedimentarios (Colombo, com. pers). Existe algun estudio geológico donde sería posible hallar paralelos con nuestra investigación y poder quizás emular la metodología. En Mas del Bessó, en la zona de Ulldemolins, existe una depósito de Pb-Zn-Cu incluido en las series sedimentarias del Carbonífero. Alfonso *et al.* (2012) estudiaron las inclusiones minerales fluidas de dicho depósito así como las composiciones de los isótopos estables de carbono y oxígeno de los carbonatos (calcita y dolomita) con el fin de conocer su fuente.

Centrándonos ahora en nuestro caso de estudio, para simplificar los diagramas se ha procedido a comparar un solo punto de cada muestra (el que ha dado más señal en la mayor parte de elementos analizados) (tabla 26) y se han realizado tanto diagramas binarios como ternarios.

MUESTRA	Sc	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
HB12-I5-2512	1,9	0,0197	0,073	0,0098	0,0305	0,0137	0,0026	0,0108	0,0022	0,0084	0,0026	0,0049	9E-04	0,0059	0,00111
HB12-H6-1398	1,39	0,373	1,645	0,0924	0,377	0,098	0,0274	0,116	0,0222	0,159	0,0349	0,098	0,017	0,072	0,0101
HB12-I5-638	2,95	0,7	1,5	0,156	0,53	0,119	0,041	0,24	0,046	0,31	0,087	0,17	0,029	0,12	0,026
HB00-I5-675	1,78	0,0324	0,163	0,0148	0,0393	0,0191	0,0041	0,0121	0,0034	0,0163	0,0036	0,0091	9E-04	0,0067	
HB12-I5-2563	2,24	0,22	0,49	0,057	0,116	0,03	0,0064	0,04	0,0132	0,072	0,024	0,067	0,024	0,072	0,019
HB99-G5-485	1,56	0,43	1,57	0,157	0,49	0,132	0,042	0,113	0,041	0,115	0,033	0,066	0,023	0,064	0,0185
HB09-G6-3646	2,49	0,4	1,15	0,114	0,37	0,059	0,0145	0,059	0,0111	0,066	0,0179	0,05	0,01	0,05	0,0091
HB00-I5-647	1,66	0,213	0,21	0,109	0,248	0,091	0,054	0,086	0,068	0,079	0,063	0,082	0,045	0,075	0,072
Ulldemolins (A)	1,64	0,033	0,081	0,0089	0,043	0,0141	0,0027	0,013	0,0025	0,0123	0,0025	0,0077	0,003	0,0064	0,00079
Ulldemolins (B)	1,61	0,031	0,043	0,031	0,061	0,017	0,027	0,026	0,0193	0,024	0,035	0,011	0,012	0,03	0,0215
Ulldemolins (C)	2,19	0,0041	0,0219	0,00153		0,0028	0,0046	0,0073	0,0011	0,0017	0,00048	0,0008	5E-04	0,0023	0,00095
Entrada de Albarca (D)	1,94	0,052	0,1	0,09	0,098	0,059	0,048	0,028	0,061	0,045	0,036	0,03	0,043	0,044	0,039
Albarca cantera (E)	1,77	0,069	0,135	0,048	0,081	0,038	0,042	0,055	0,053	0,043	0,035	0,062	0,03	0,063	0,036
Mas Monges (F)	1,58	0,0096	0,045	0,0073	0,009	0,01	0,0062	0,0073	0,003	0,0039	0,00094	0,0015	0,008	0,0129	0,0057
Cornudella (G)	1,11	0,0025	0,0105		0,0075		0,0017	0,0047		0,0039	0,0013				0,003

Tabla 26. Tabla de concentración de TTRR (ppm) obtenidos para cada muestra analizada.

### 8.3.4.2.1 Muestras geológicas (Complejo Ulldemolins)

Tal y como se ha comentado anteriormente este grupo de muestras se ha analizado mediante un diagrama *spider* de condritas para observar el grado de homogeneidad de las muestras en relación a sus patrones de concentraciones de TTRR (fig. 300):

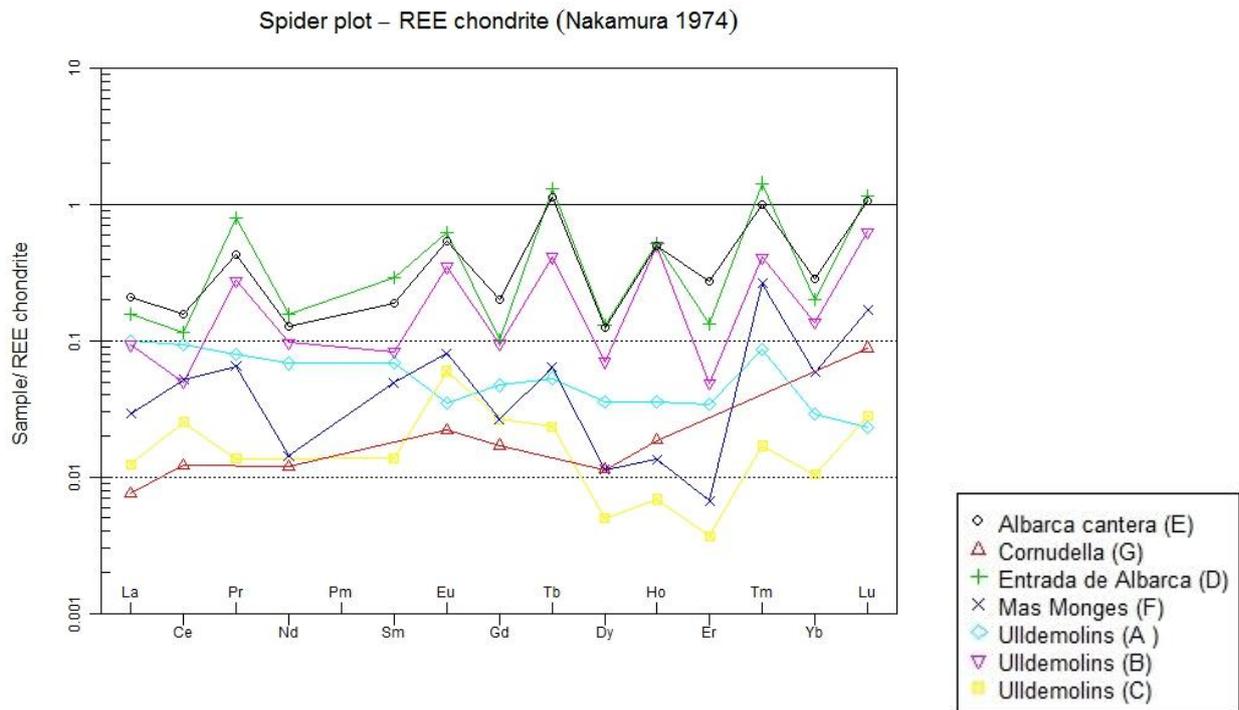


Fig 300. Diagrama *spider* que engloba todas las muestras geológicas del Complejo Ulldemolins.

Observamos cierta homogeneidad entre las muestras Entrada de Albarca (D), Albarca cantera (E), Ulldemolins (B), Mas Monges (F), diferencias entre Ulldemolins (A), Cornudella (G) y Ulldemolins (C).

### 8.3.4.2.2 Muestras arqueológicas (Tipo 1-1)

Veamos la misma operación para el grupo de muestras arqueológicas (fig. 301):

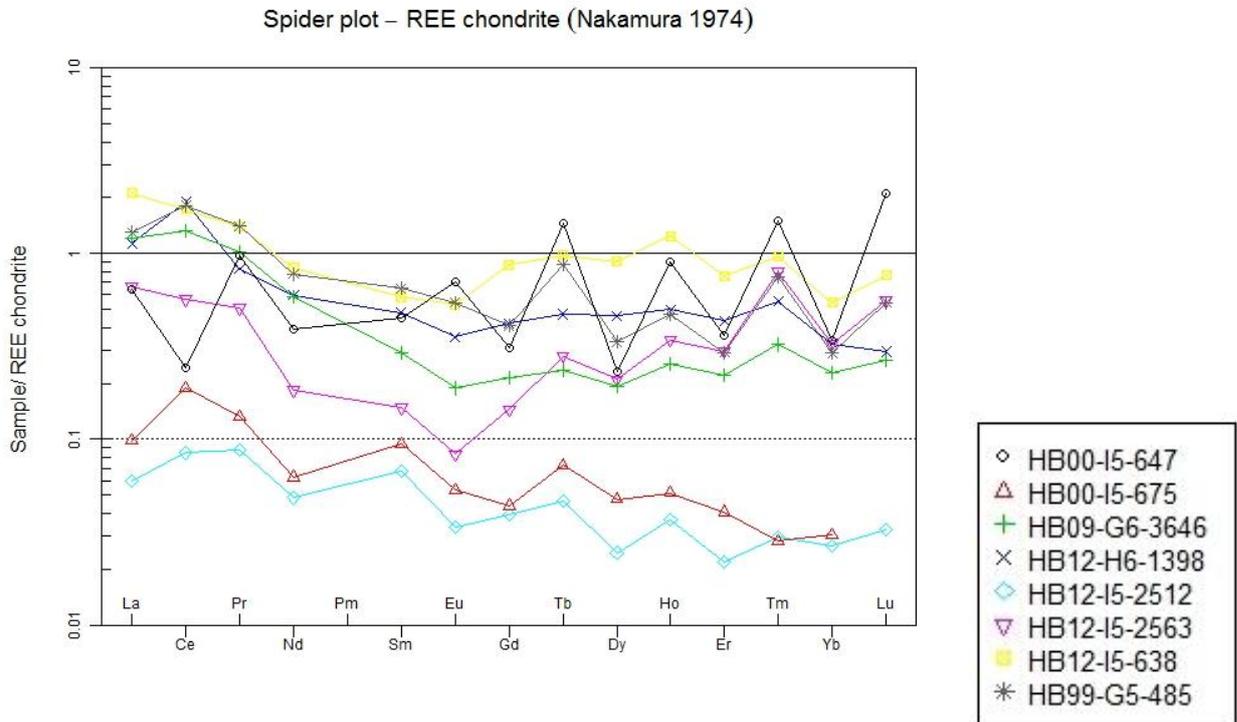


Fig. 301. Diagrama *spider* que engloba todas las muestras arqueológicas del Tipo 1-1.

En este diagrama observamos un mayor grado de heterogeneidad entre muestras; HB00-I5-675 y HB12-I5-2512 muestran un patrón parecido; HB00-I5-647, HB12-I5-2563 forman otro grupo diferenciado y HB12-I5-638, HB99-G5-485, HB09-G6-3646 y HB12-H6-1398 podrían ser agrupadas aunque presentan algunas anomalías entre sí.

### 8.3.4.2.3 Análisis comparativo entre muestras geológicas y muestras arqueológicas

En este apartado se va a comprobar qué grado de similitud geoquímica alcanzan los dos grupos de muestras y se observará si es posible o no agrupar las muestras arqueológicas con ciertos puntos de afloramiento. En primer lugar se ha procedido a realizar un diagrama *spider* de condritas (fig. 302).

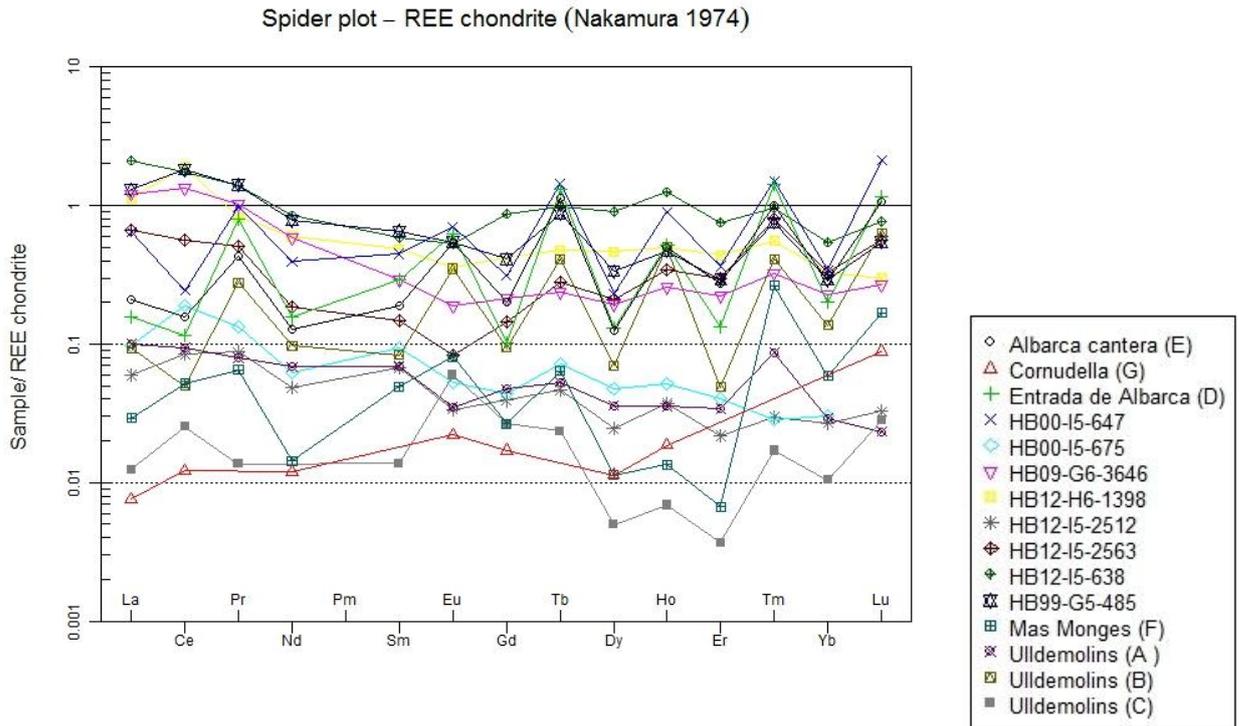


Fig. 302. Diagrama *spider* que engloba los grupos de muestras geológicas y arqueológicas.

En el diagrama se intuyen dos grupos de muestras; por un lado, las muestras que tienen un patrón de TTRR más marcado, con oscilaciones más destacadas y por otro un grupo de oscilaciones menos perceptibles y más lineales.

A continuación se presentan un total de 5 diagramas binarios y 2 diagramas ternarios comparando la concentración entre elementos mayoritarios (Sr/Mn; Pb/Ca), entre TTRR (Ce/La; La/Nd); entre TTRR y uranio (Nd/U), elementos mayoritarios y uranio (U/Sr/Pb; La/Nd/Ce).

Elementos mayoritarios: Sr/Mn (fig. 303)

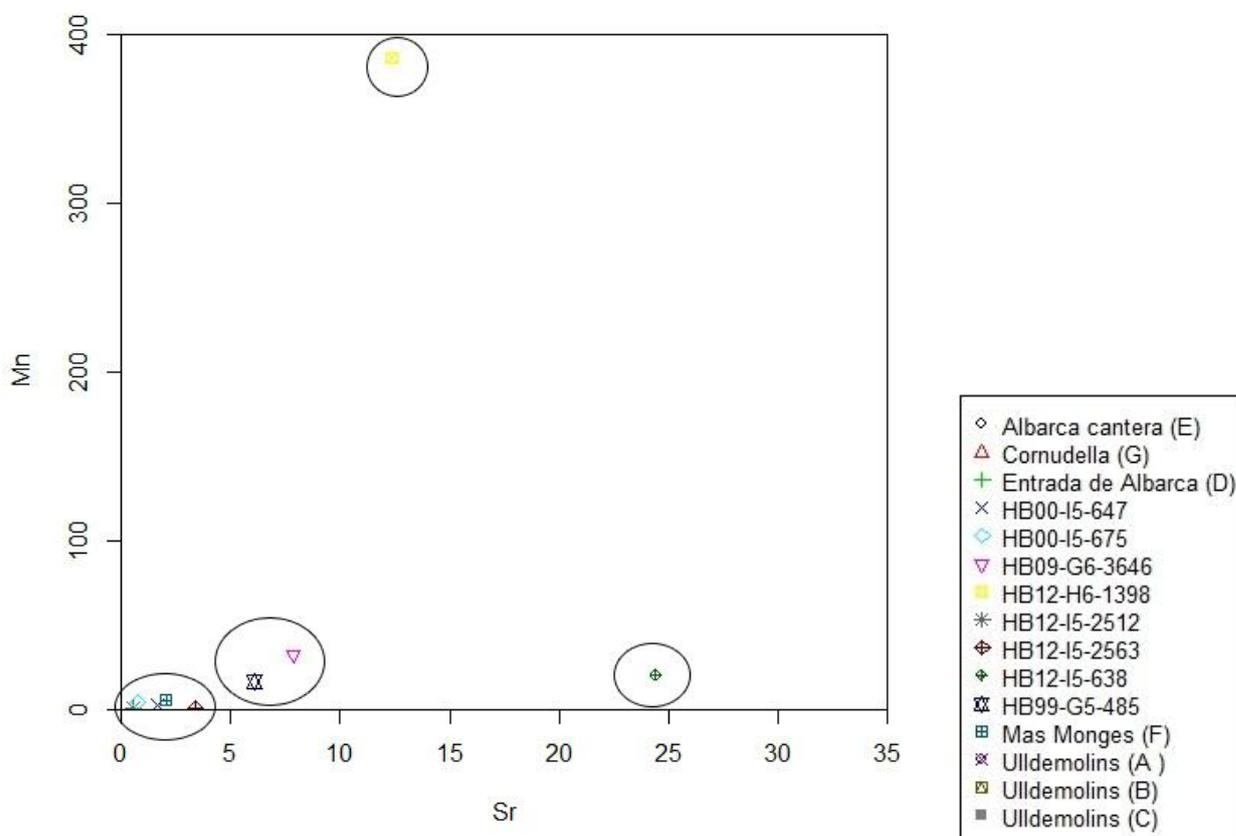


Fig. 303. Diagrama binario entre Mn/Sr.

En este diagrama binario se han comparado dos elementos mayoritarios, el Mn y el Sr. El primer resultado destacable es que la muestra arqueológica HB12-H6-1398 se distingue del resto por su alto contenido en Mn y no puede agruparse con ninguna otra.

Otra muestra arqueológica destacable es la muestra arqueológica HB12-I5-638, cuya concentración en Sr es claramente mayor al resto.

Por último, se han distinguido 2 grupos de muestras, el primero con muy bajas concentraciones de los dos elementos, formado por las muestras HB12-I5-2563, Mas Monges (F), HB00-I5-675, HB00-I5-647 y HB12-I5-2512. El segundo grupo tiene mayor concentración de elementos está compuesto por las muestras HB09-G6-3646 y HB99-G5-585.

Elementos mayoritarios: Pb/Ca (fig. 304)

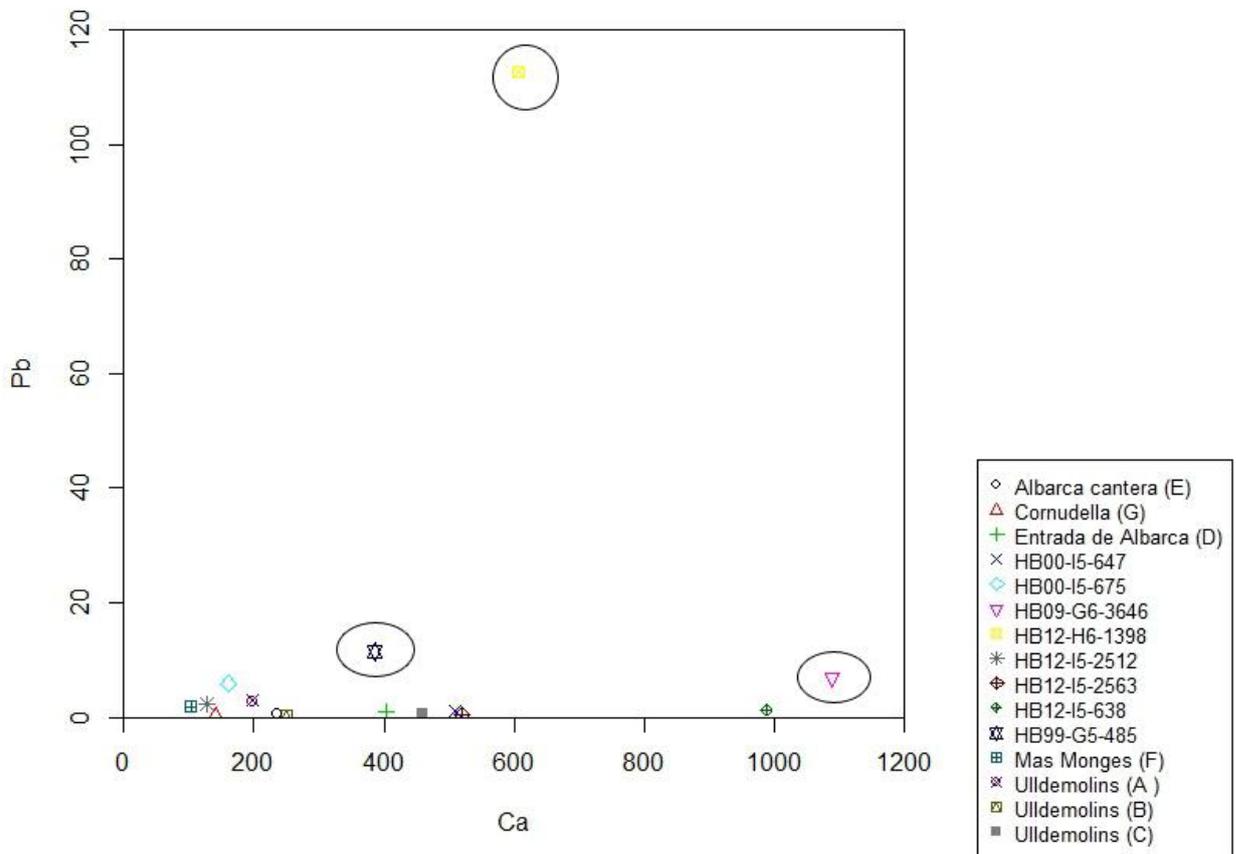


Fig. 304. Diagrama binario Pb/Ca.

En esta nueva gráfica comparamos las concentraciones de dos elementos mayores, el Pb y el Ca. La importancia de esta gráfica es la concentración en Pb, elemento pesado que actúa como elemento discriminante. La tónica general de esta gráfica reside en que la mayoría de muestras no contienen Pb y tan sólo 3 muestras se desmarcan por su mayor contenido en el mismo: son las muestras arqueológicas HB12-H6-1398, HB99-G5-485 y HB09-G6-3646.

TTRR: Ce/La (fig. 305)

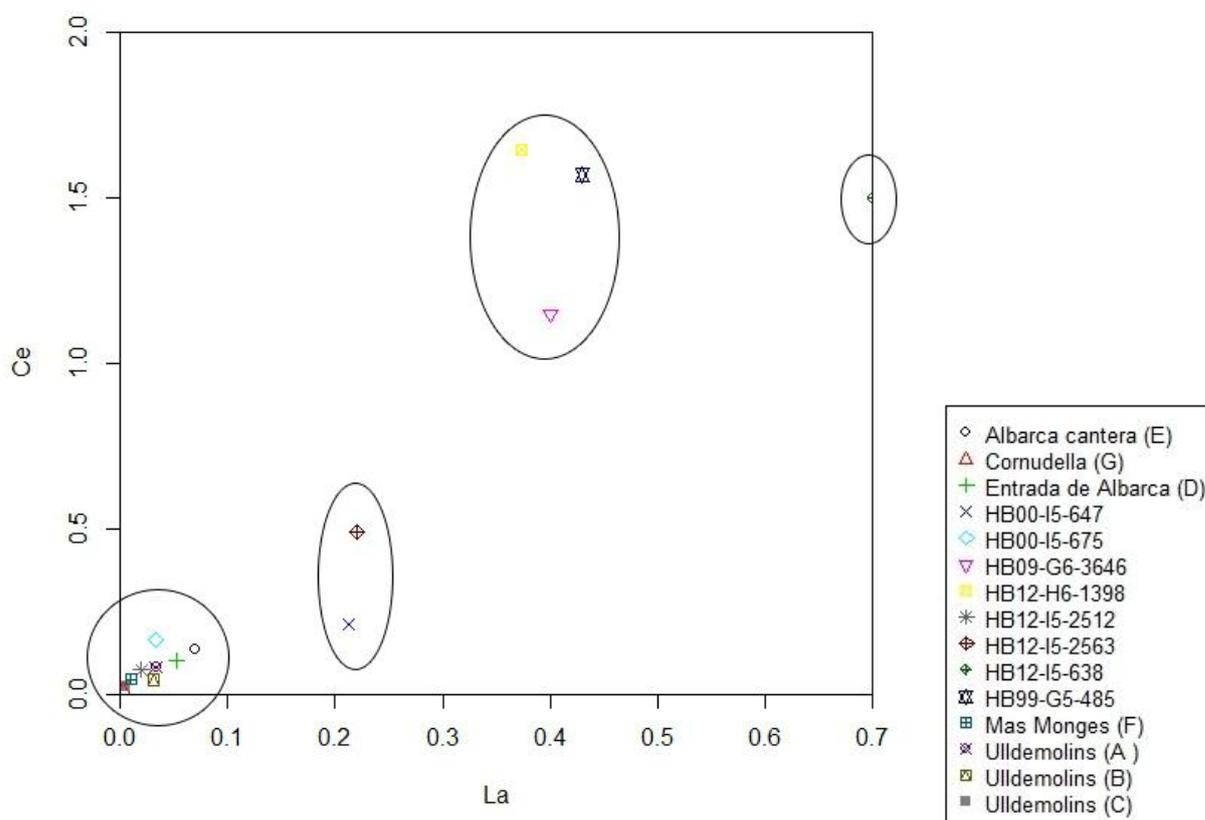


Fig. 305. Diagrama binario Ce/La.

En este diagrama binario comparando las concentraciones de Ce/La se observan claramente que las muestras se pueden agrupar en 4 conjuntos.

El primero, formado por las muestras que presentan concentraciones más bajas de las dos TTRR, está formado por las siguientes muestras: Albarca Cantera (E), Entrada de Albarca (D), Ulldemolins (A), Ulldemolins (B), Ulldemolins (C), Cornudella (G), Mas Monges (F), , HB12-I5-2512 y HB00-I5-675.

Observamos que están incluidas todas las muestras geológicas y hasta tres muestras arqueológicas.

El segundo grupo, con unas concentraciones intermedias de dichos elementos, está compuesto por sólo dos muestras arqueológicas: HB12-I5-2563 y HB00-I5-647.

El tercer grupo, con las más altas concentraciones de ambos elementos está compuesto por las muestras HB09-G6-3646, HB12-H6-1398 y HB99-G5-485, todas arqueológicas.

El último grupo sólo lo compone la muestra arqueológica HB12-I5-638.

*TTRR: La/Nd* (fig. 306)

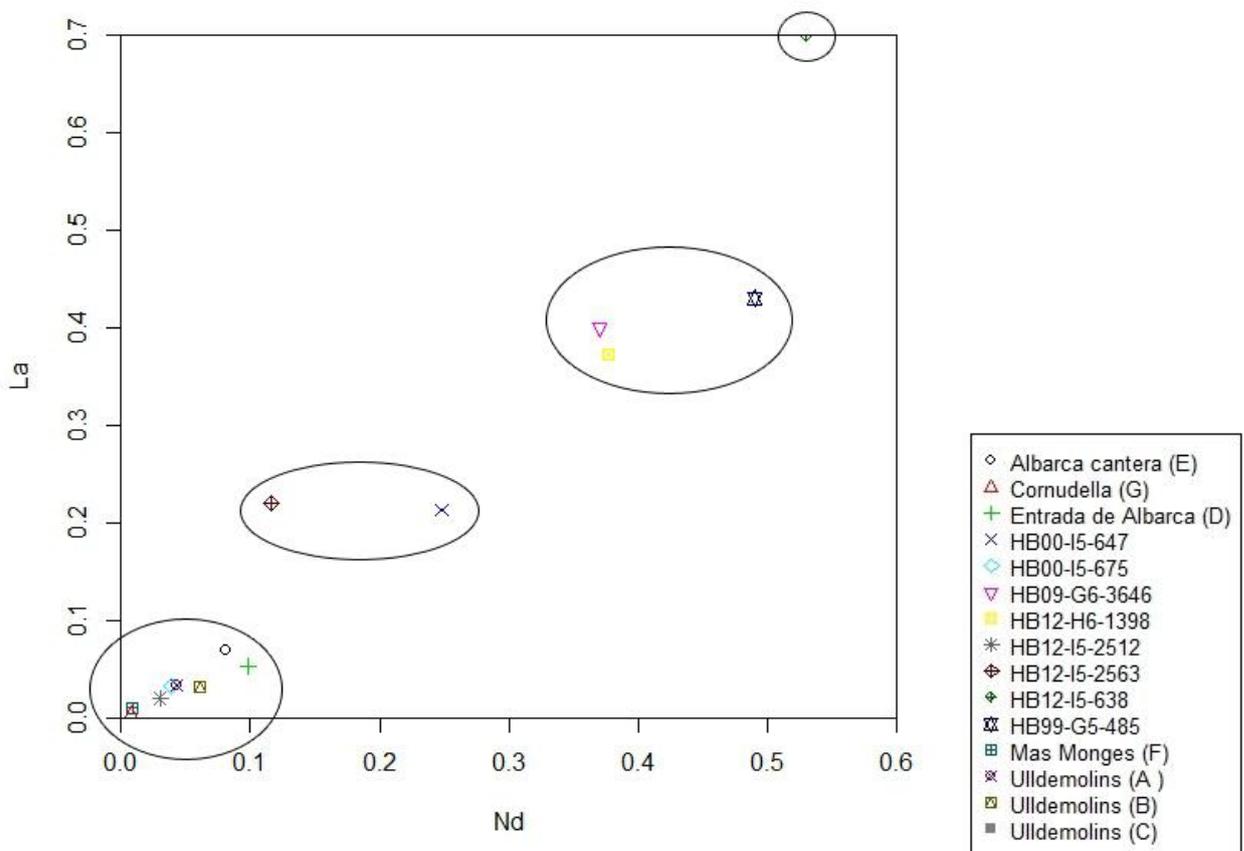


Fig. 306. Diagrama binario La/Nd.

En este diagrama binario comparando las concentraciones de La/Nd se observan claramente que las muestras se pueden agrupar en 4 conjuntos, los mismos que para el anterior gráfico por lo que se deduce que estos 3 tipos de muestras tienen muy parecidas concentraciones de Ce, La y Nd.

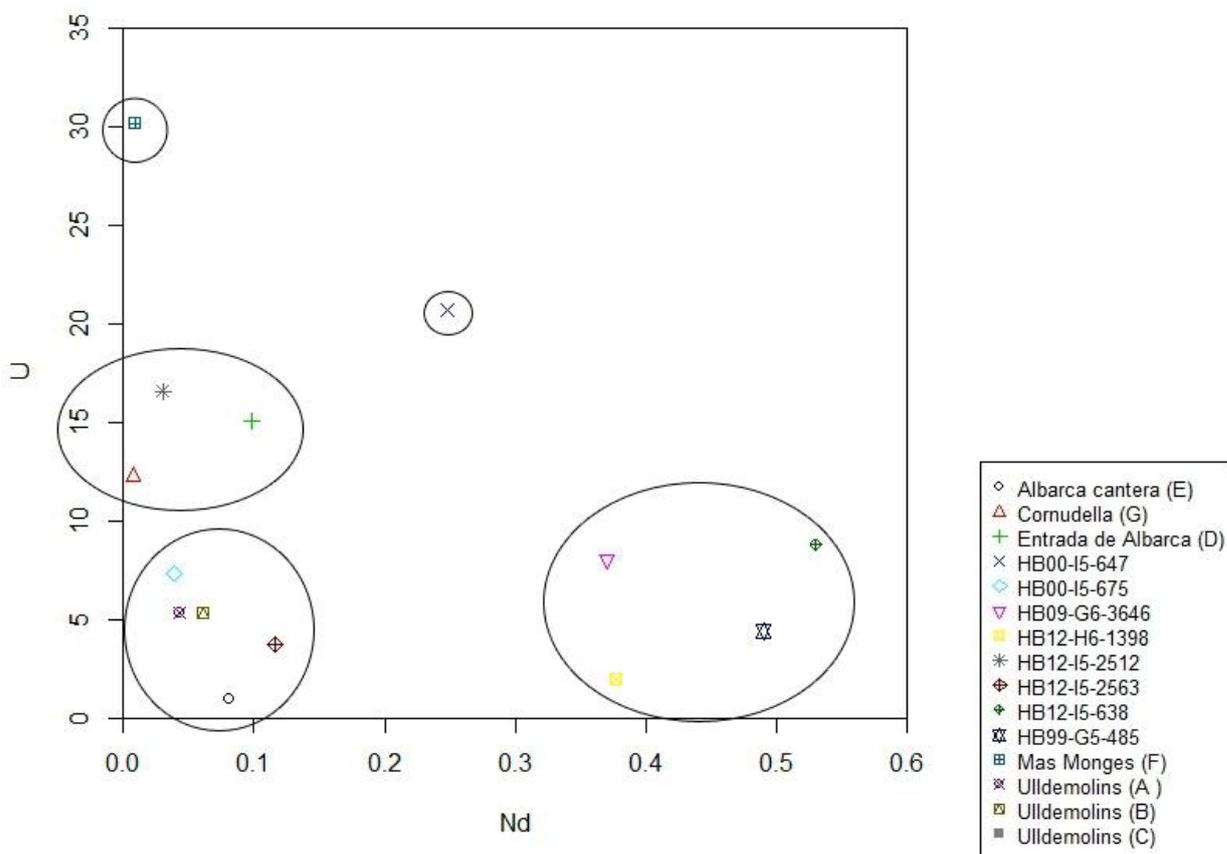


Fig. 307. Diagrama binario Nd/U.

En el siguiente diagrama binario, se han comparado las concentraciones de U/Nd, observando hasta 5 grupos de muestras diferenciables. Por un lado, distinguimos el grupo de muestras con menor concentración de ambos elementos, formado por las muestras: HB00-I5-675, Ulldemolins (A), Ulldemolins (B), HB12-I5-2563 y Albarca Cantera (E).

Un segundo grupo caracterizado por unas concentraciones más elevadas en U pero iguales en Nd que el primer grupo; formado por las muestras: Cornudella (G), HB12-I5-2512 y Entrada de Albarca (D).

Una muestra - Mas Monges (F), caracterizada por su gran contenido en U, claramente destacable del resto.

Una muestra arqueológica, HB-I5-647, con concentraciones medianamente altas tanto para U como para Nd.

Y un último grupo con concentraciones más altas para Nd que para U formado por las siguientes muestras arqueológicas: HB09-G6-3646, HB99-G5-485, HB12-H6-1398 y HB12-I5-638.

*Elementos mayoritarios/Urano: Sr/Pb/U (fig. 308)*

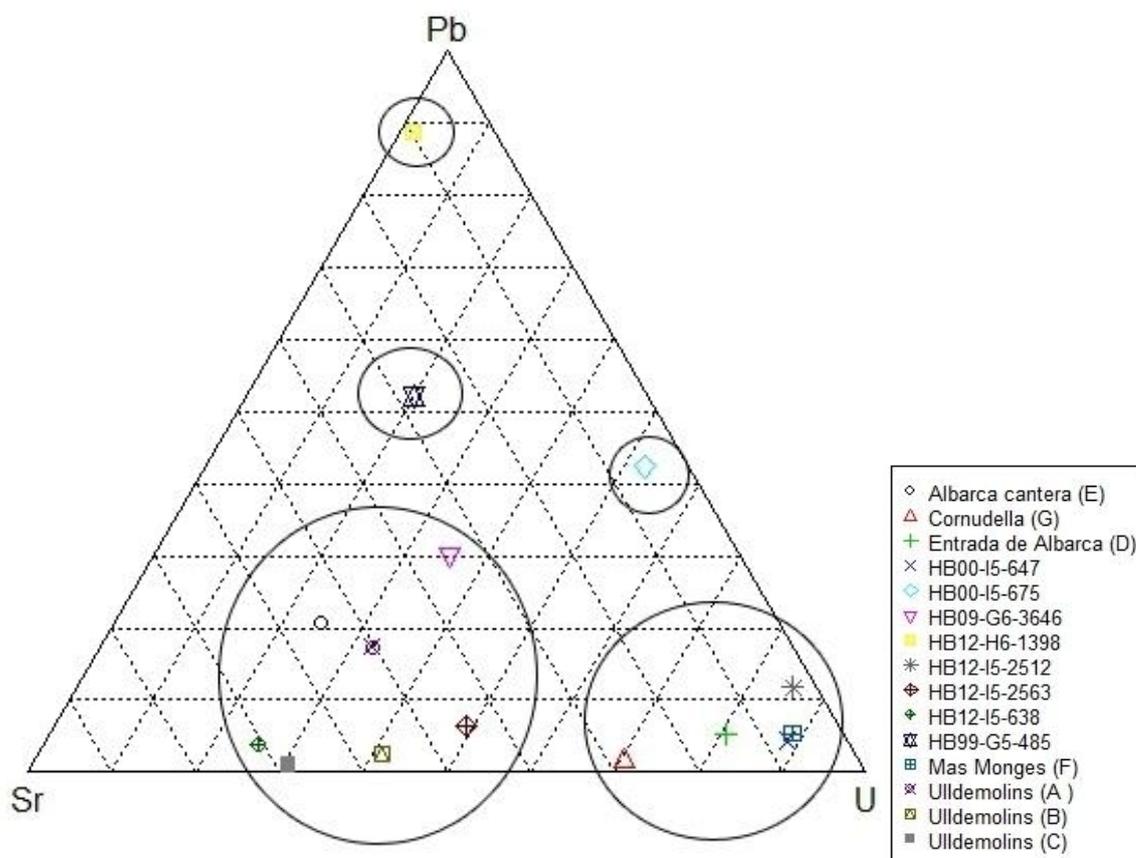


Fig. 308. Diagrama ternario U/Sr/Pb.

Los diagramas ternarios, que encierran algo más de complejidad para su interpretación<sup>26</sup>, aportan también información complementaria en nuestro caso. Realizado en base a 3 elementos

<sup>26</sup> Así como los diagramas binarios nos han brindado una información valiosa, los diagramas ternarios no han sido demasiado útiles en este trabajo por su gran complejidad así como por las concentraciones elementales de las muestras.

ya utilizados, dos mayoritarios Sr/Pb frente al U, esta gráfica distingue perfectamente hasta 5 grupos de muestras.

Tres muestras no se pueden agrupar; HB12-H6-1398 destaca sobre las demás en contenido de Pb; HB99-G5-485 contiene concentraciones muy similares de los tres elementos y HB00-I5-647 contiene concentraciones medianamente elevadas de U y Pb.

En los rangos bajos de concentración de Pb se pueden distinguir los grupos mayoritarios; por un lado el grupo con mayor concentración en Sr, formado por las muestras: HB09-G6-3646, Albarca cantera (E), Ulldemolins (A), Ulldemolins (B), Ulldemolins (C), HB12-I5-638, HB12-I5-2563

El otro grupo, caracterizado por sus altas concentraciones en U, está formado por las muestras: Cornudella (G), Mas Monges (F), HB00-I5-675, Entrada de Albarca (D) y HB12-I5-2512.

*TTRR: La/Nd/Ce* (fig. 309).

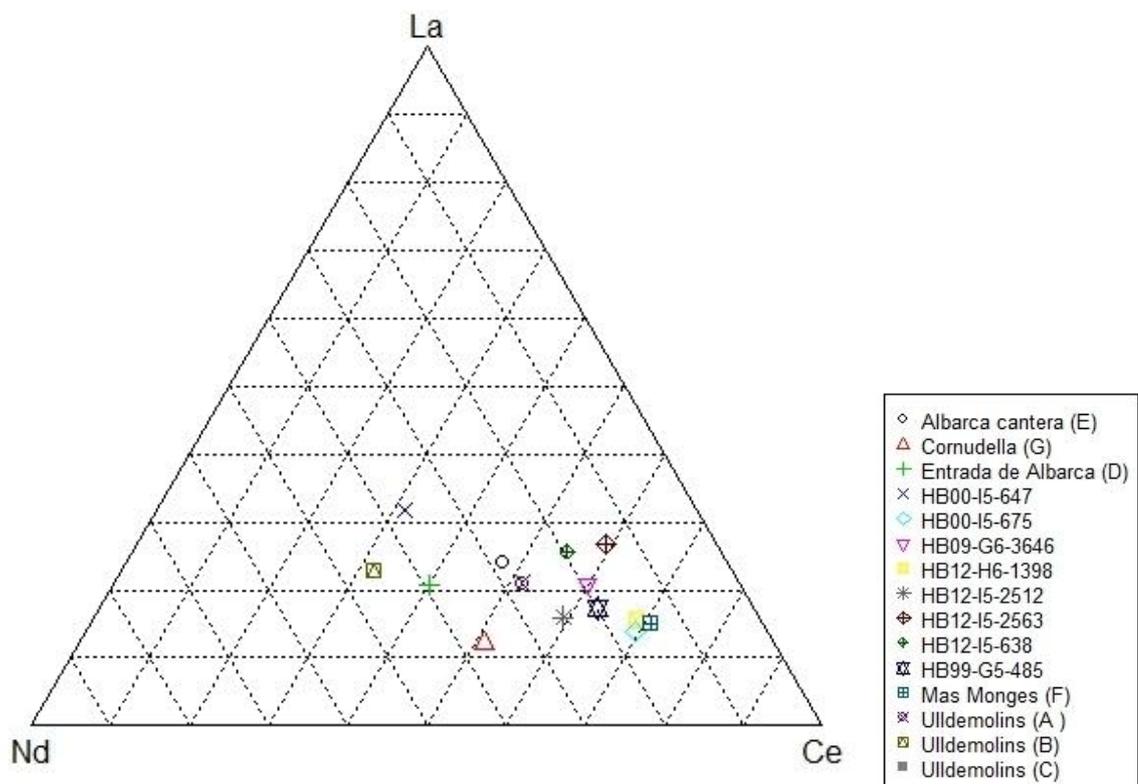


Fig. 309. Diagrama ternario la/Nd/Ce.

Se ha creído necesaria la realización de un último diagrama ternario, esta vez con 3 elementos también analizados anteriormente pero esta vez representando las concentraciones de TTRR respectivas. En este caso no es posible marcar una discriminación evidente ya que aparecen muy agrupadas.

#### 8.3.4.2.4 Conclusiones generales sobre la aplicación del ICP-MS-LA

La aplicación del ICP-MS-LA a algunas de las muestras de estudio (7 geológicas y 8 arqueológicas) con el propósito de discriminar áreas fuente de materia primera silíceas de un mismo origen evaporítico, el Complejo Ulldemolins, ha resultado muy interesante. Se han realizado diagramas *spider* de condritas para generar una visión general sobre la concentración de TTRR de todos los conjuntos de muestras y posteriormente se han efectuado análisis específicos como diagramas binarios y ternarios, comparando las muestras arqueológicas y geológicas en relación a una serie de elementos escogidos por sus características. De este primer estudio, novedoso para la zona, han surgido una serie de resultados incipientes que van a ser expuestos a continuación.

Al tratarse de muestras muy homogéneas a nivel de concentraciones de elementos mayoritarios se creyó oportuno analizar en profundidad sus relaciones en cuanto a concentraciones de TTRR. No obstante, un par de elementos mayoritarios (Sr y Pb) fueron analizados en función de sus características poco comunes, dando lugar a resultados interpretables e interesantes. Por un lado hasta un total de tres muestras arqueológicas (HB12-H6-1398, HB99-G5-485, HB09-G6-3646) presentan diferentes concentraciones, relevantes y significativas, en su relación Ca/Pb, desmarcándose del resto sin poder relacionarse a nivel geológico. Las demás muestras, de concentraciones más homogéneas, distinguen dos grupos de muestras que relacionan algunas muestras arqueológicas con algunos puntos de afloramiento. Por un lado se distingue el grupo formado por Mas Monges (F) - Ulldemolins (A) - Ulldemolins (B) - Cornudella (G), las cuales se relacionan con HB12-I5-2512 y HB00-I5-675 y por otro lado se distingue el grupo formado por Entrada de Albarca (D) - Ulldemolins (C) que se relacionan con HB00-I5-647 y HB12-I5-2563. Se ha explicado anteriormente que el Pb es un elemento pesado muy difícil de combinar por lo que su hallazgo podría interpretarse como discriminante.

Otros diagramas como el que representa la relación Sr/Mn también ha marcado diferencias sustanciales dividiendo las muestras en distintos grupos. Por un lado ha desmarcado hasta cuatro muestras arqueológicas, HB12-H6-1398, HB12-I5-638, HB09-G6-3646 y HB99-G5-485 (estas últimas de igual concentración), porque no encuentran paralelo geológico asignable. Por el otro lado, el grupo formado por HB12-I5-2563, HB00-I5-675, HB00-I5-647, HB12-I5-2512, encuentran su paralelo en la muestra geológica Mas Monges (F).

En relación a la concentración en TTRR, ambos diagramas Ce/La y La/Nd muestran comportamientos muy similares, incluso pudiendo discriminar los mismos tres grupos de muestras, siendo el más significativo el que relaciona las siete muestras geológicas con las muestras HB12-I5-638, HB12-I5-2512 y HB00-I5-675.

Un último análisis se ha efectuado en relación al uranio y sus concentraciones respecto a elementos mayoritarios y a TTRR<sup>27</sup>. El uranio puede ser considerado como buen elemento discriminante y posible marcador de procedencia así que se comparó su concentración y se obtuvieron los siguientes resultados.

En la comparación de elementos mayoritarios, distinguimos un total de 5 grupos de muestras, de los cuales los puntos de afloramiento Ulldemolins (A), Ulldemolins (B) y Albarca Cantera (E) se podían relacionar con las muestras HB00-I5-675 y HB12-I5-2563, cuyas concentraciones eran las menores. Los puntos de afloramiento Cornudella (G) y Entrada de Albarca (D), con mayor concentración en uranio, se podían relacionar con la muestra HB12-I5-2512. El tercer grupo, con unas concentraciones elevadas de Nd sobre el resto relacionaba entre sí cuatro muestras arqueológicas distintas (HB09-G6-3646, HB99-G5-485, HB12-H6-1398 y HB12-I5-638) y dos muestras, una geológica (Mas Monges) y HB00-I5-647 quedaban aisladas y no podían ser relacionadas con ninguna otra.

Para hacer un resumen y observar mejor las convergencias entre muestras concluimos:

- Las muestras arqueológicas HB12-H6-1398, HB09-G6-3646 y HB99-G5-485 son bastante parecidas en cuanto a porcentaje de concentración de elementos - son las que contienen

---

<sup>27</sup> Al realizar los diagramas pertinentes comparando concentraciones de uranio con TTRR nos dimos cuenta que las muestras presentaban una proporción mucho mayor de uranio que de TTRR por lo que sus concentraciones no fueron comparables y se decidió comparar el uranio sólo con elementos mayoritarios.

mayores concentraciones de Mn, Pb, Sr, Ce y La - pero hasta el momento no se han podido relacionar con ningún punto de afloramiento concreto.

- Las muestras HB00-I5-647 y HB12-I5-2563 se han podido relacionar con los siguientes puntos de afloramiento: Entrada de Albarca (D) - Ulldemolins (C) y Mas Monges (F).

- La muestras HB12-I5-638, HB00-I5-675 y HB12-I5-2512 se han podido relacionar con todos los puntos de afloramiento.

Aún y no presentar las mismas concentraciones de elementos de manera exacta, los puntos de afloramiento que presentan mayor similitud geoquímica se podrían agrupar de este modo:

- Ulldemolins (A) - Ulldemolins (B) - Cornudella (G), Albarca Cantera (E)

- Entrada de Albarca (D) - Ulldemolins (C) - Mas Monges (F)

De este modo, podemos establecer hasta tres conjuntos de muestras arqueológicas, donde el primero de ellos (azul) representa todo el espectro geoquímico aportado por los distintos puntos de afloramiento, perteneciendo a él las muestras arqueológicas HB12-I5-638, HB00-I5-675 y HB12-I5-2512, un segundo conjunto (rojo) relaciona las muestras arqueológicas HB00-I5-647 y HB12-I5-2563 con algunos puntos de afloramiento de Ulldemolins-C (morado), compartiendo fuentes con las muestras arqueológicas del conjunto azul y un tercero (verde) parece hallarse totalmente desplazado de los anteriores en cuanto a fuente original (fig. 310).

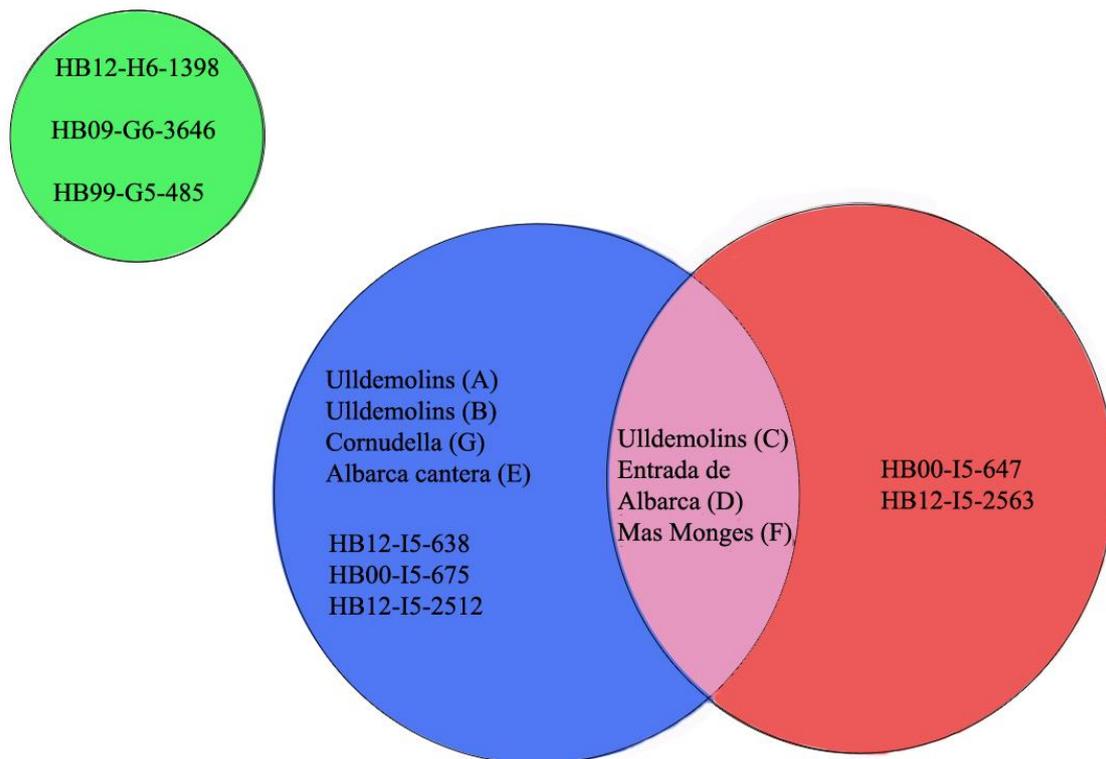


Fig. 310. Conjuntos de muestras relacionadas geoquímicamente. Relación y proximidad geoquímica deducida.

Somos conscientes de que este tipo de analíticas requiere de un trabajo realmente exhaustivo y casi exclusivo y aunque quizás no haya quedado perfectamente reflejado en el presente capítulo, decenas de diagramas se han llegado a efectuar, tanto binarios como ternarios, comparando las concentraciones de elementos y agrupando las muestras de distintas maneras, para poder presentar los resultados aquí expuestos.

A partir de este estudio surgen muchas incógnitas e ideas a desarrollar; una de ellas es, por ejemplo, la necesidad de comprobar si existe una relación geográfica de las muestras geológicas con ciertas gradaciones de elementos observadas.

Este capítulo pues, de carácter marcadamente indispensable para nuestra investigación, quedará abierto a nuevas conclusiones y creemos que abrirá una vía nueva de interpretación de procedencia de materias primas del Complejo Ulldemolins, clave para la interpretación de la captación de dichas materias por parte de los pobladores del abrigo de l'Hort de la Boquera.

#### 8.3.4.3 Evidencias geoquímicas en relación al proceso de patinación: primeras conclusiones

Tal y como hemos visto anteriormente (ver cap. 8.1) el sílex es susceptible de patinarse, esto significa, que es susceptible de alterarse debido a un gran número de procesos post deposicionales que pueden en la mayoría de casos alterar la muestra químicamente. Este hecho obliga a ser cauto al escoger la zona a analizar de la muestra y a evitar las partes patinadas.

Esta circunstancia queda reflejada en el estudio de Bruin *et al.* (1972:63) donde analizando mediante Activación Neutrónica distintas muestras de sílex procedentes de distinto origen europeo, comprobaron que los sílex geológicos y las lascas arqueológicas alteradas procedentes de la mina de Rijckholt no tenían la misma composición química, demostrando así que la patinación debida al entorno deposicional altera la muestra a nivel molecular.

Numerosos estudios como los de Högberg y Olausson (2007), Högberg *et al.* 2012 y Högberg *et al.* (2014a y 2014b) comprobaron un hecho parecido en algunas muestras escandinavas analizadas mediante Fluorescencia de Rayos X. En la actualidad, conjuntamente con los Drs. Högberg y Olausson estamos llevando a cabo otro estudio sobre la patinación de nódulos silíceos y sus cambios geoquímicos mediante el análisis por ICP-MS-LA, para precisamente poder efectuar la comparación de resultados entre distintas técnicas geoquímicas (FRX vs ICP-MS-LA).

En nuestro caso y estudiando el grado de patinación de las muestra arqueológicas procedentes de l'Hort de la Boquera disponemos de varios datos que ejemplifican que dicha pátina va más allá de ser un solo cambio colorimétrico y confirman que la patinación puede ser un proceso tan agresivo como para llegar a cambiar el quimismo de las muestras silíceas. Veamos algunos ejemplos:

Se ha tomado como ejemplo la muestra HB12-E7-404 (fig. 311) que estaba muy afectada por la pátina blanca en ciertas zonas. Se tomaron para analizar 4 puntos de la matriz y 4 puntos de la zona patinada.

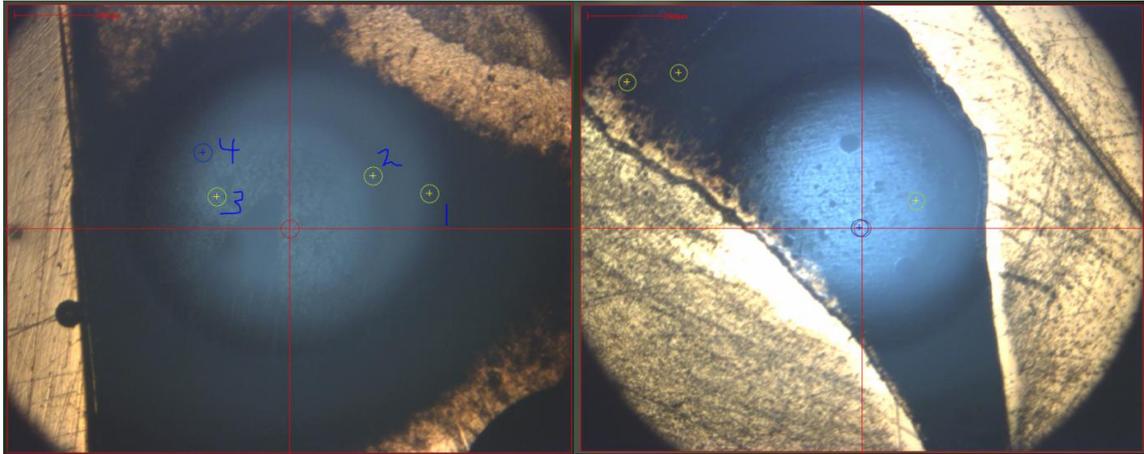


Fig 311. Muestra arqueológica "HB12-E7-404". Izquierda: fragmento no patinado. Derecha: fragmento patinado.

En primer lugar procedimos a realizar un diagrama *spider* para tener una visión general de la relación de elementos traza entre puntos analizados (fig. 312):

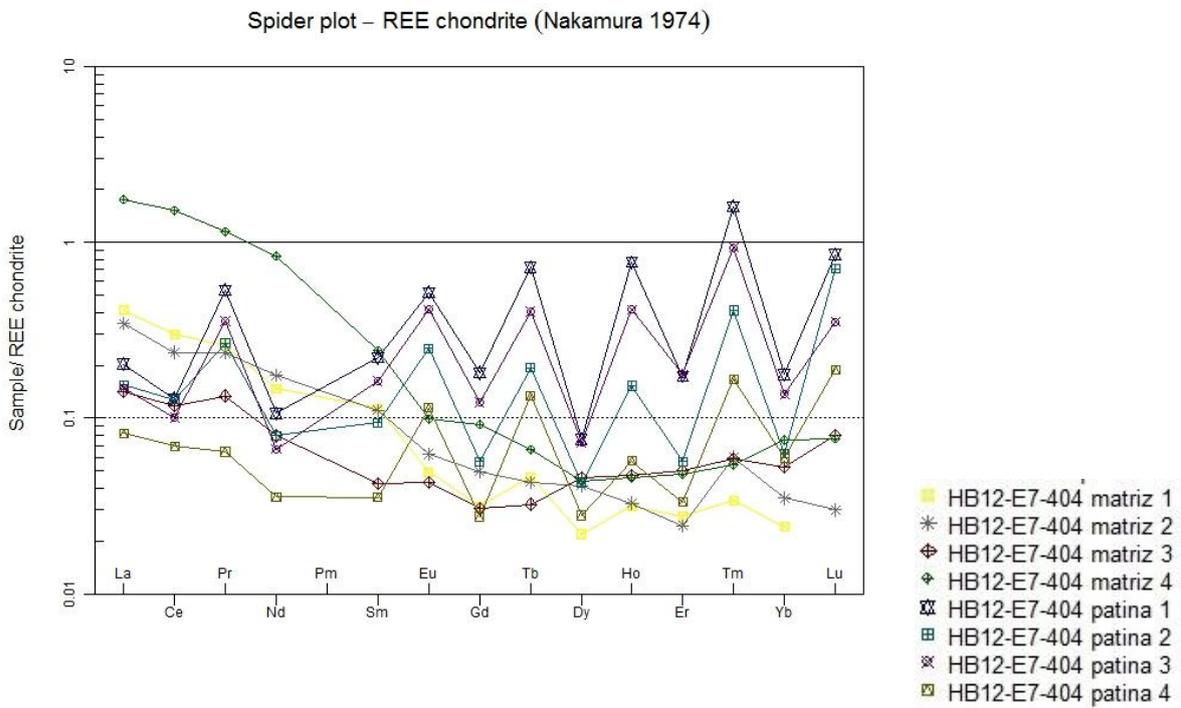


Fig. 312. Diagrama *spider* de la muestra "HB12-E7-404".

Es evidente que los puntos correspondientes a la matriz y los puntos correspondientes a la pátina muestran anomalías y difieren a simple vista; los puntos patinados poseen picos muy exagerados y el típico patrón en zig-zag de las TTRR, en cambio los puntos de la matriz tienen un aspecto más lineal y atenuado. Además, las zonas patinadas tienen concentraciones más altas en casi todas las TTRR analizadas en el diagrama.

Para realizar un estudio más exhaustivo se han comparado los resultados geoquímicos de los puntos (matriz/pátina) efectuando diagramas binarios entre elementos mayoritarios ( $Ba/^{52}Cr$ ); TTRR (La/Ce); elementos mayoritarios y uranio (U/Al) y TTRR y uranio (U/La, U/Sc)

*Elementos mayoritarios:  $Ba/^{52}Cr$  (fig. 313)*

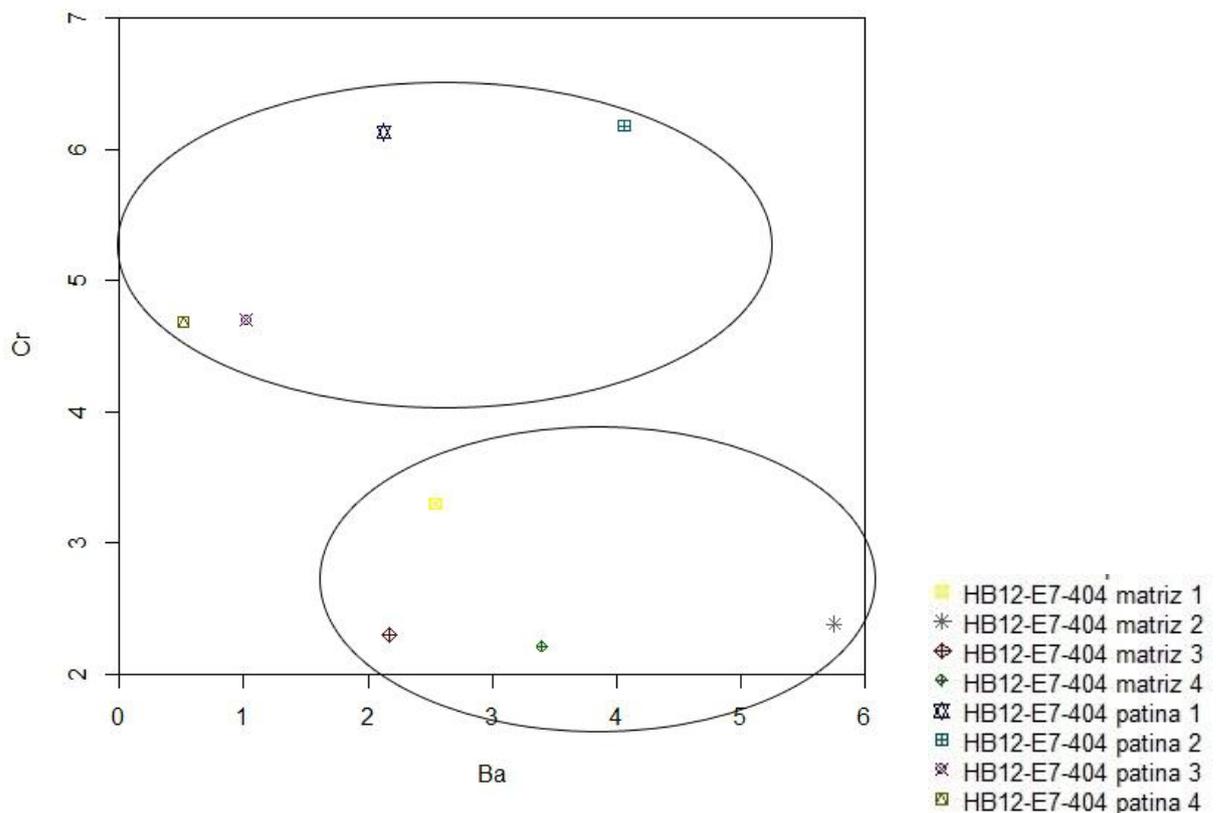


Fig. 313. Diagrama binario  $Ba/^{52}Cr$ .

En este diagrama binario observamos que los puntos correspondientes a la zona patinada se caracterizan por tener mayores concentraciones de  $^{52}Cr$  que los puntos de la zona de la matriz.

TTRR: La/Ce (fig. 314):

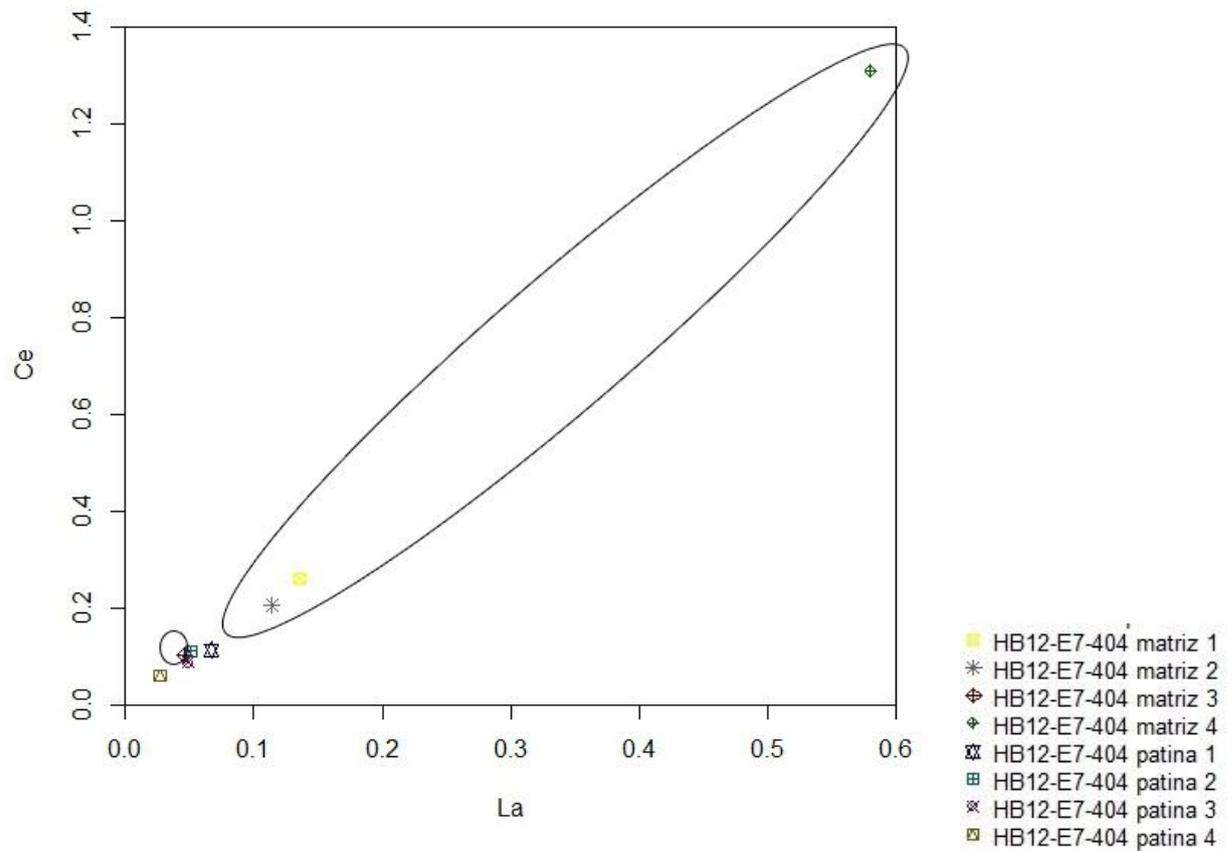


Fig. 314. Diagrama binario La/Ce.

En este diagrama binario donde se comparan concentraciones de La/Ce se observa que mayoritariamente los puntos de la zona patinada son los que presentan menor concentración de estos dos elementos así que es factible pensar que el proceso de patinación ha supuesto la liberación de átomos de La/Ce

Elementos mayoritarios /Uranio: Al/U (fig. 315)

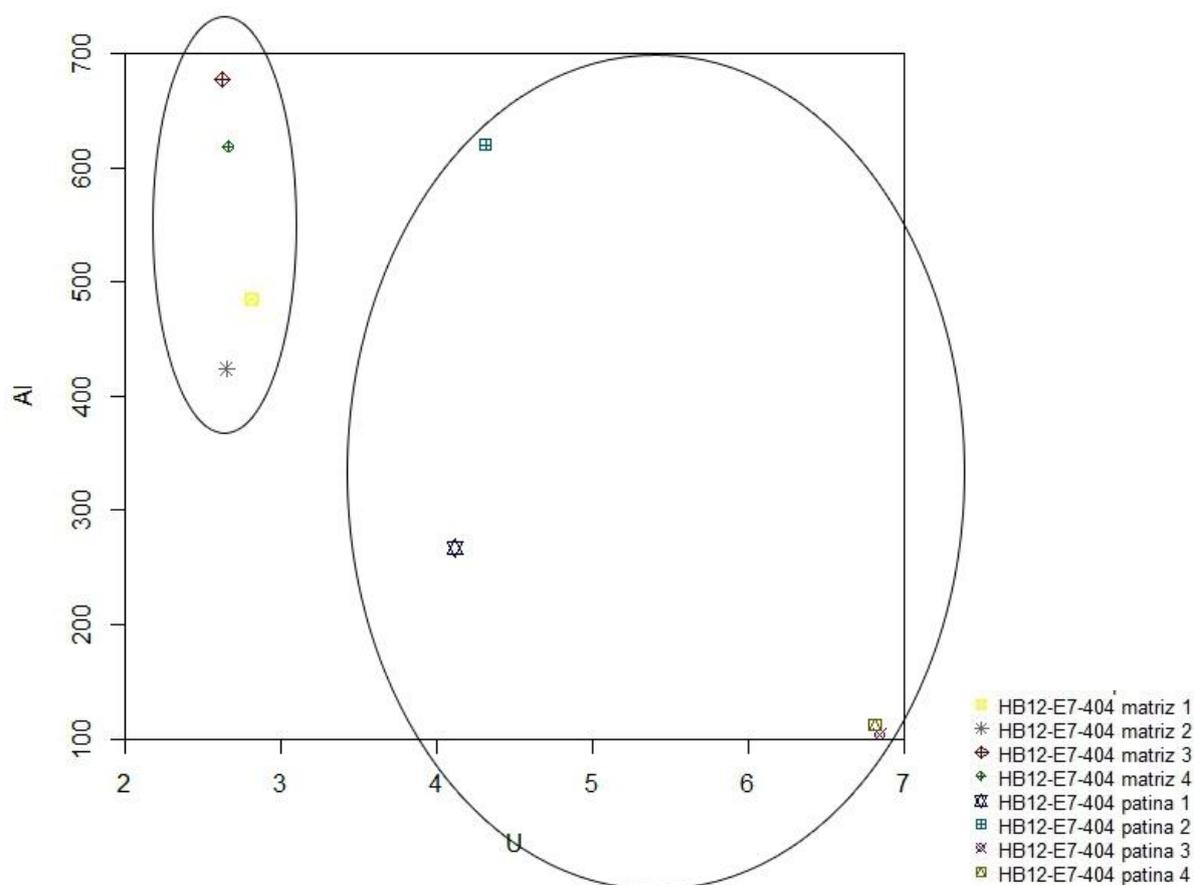


Fig. 315. Diagrama binario Al/U.

Este diagrama muestra claramente como los puntos patinados son más ricos en uranio que los puntos no patinados, parece ser que ha habido un enriquecimiento en dicho elemento.

TTRR/Uranio: Sc/U (fig. 316):

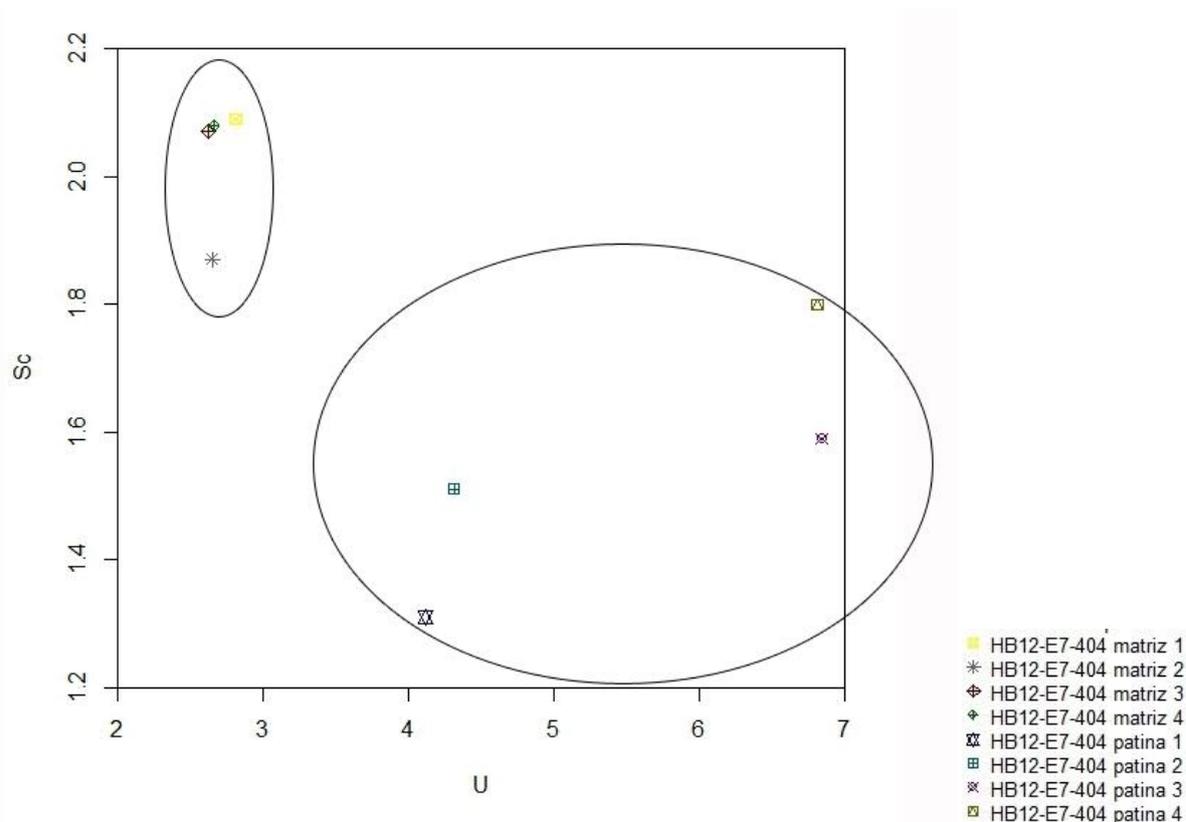


Fig. 316. Diagrama binario Sc/U.

Observamos aquí como se repite el patrón de enriquecimiento en uranio de los puntos patinados frente a los puntos sin patinar de la matriz silíceo.

### Conclusiones

A raíz de los análisis realizados creemos que es evidente que la presencia de pátina sí puede diferenciarse a nivel geoquímico. Los niveles de concentración de elementos tanto mayoritarios como TTRR varían sustancialmente en la misma muestra dependiendo de si el punto analizado presentaba o no la pátina. Un punto curioso, de momento no extrapolable a una conclusión general, es la observación del incremento de la concentración en uranio en las zonas patinadas en relación tanto a elementos mayoritarios como TTRR.

A pesar de las evidencias expuestas, creemos que no se deben hacer afirmaciones taxativas, recordemos que tan sólo una muestra ha sido analizada para el estudio geoquímico de pátinas y se necesitaría un estudio exhaustivo de un número elevado de muestras para poder afirmar unas pautas generales sobre la variación geoquímica del proceso de patinación.

## BLOQUE VI: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES GENERALES. PLANTEAMIENTO FUTURO

### 9.1 Discusión

En la presente tesis nos habíamos propuesto varios objetivos, algunos de carácter teórico y otros de carácter totalmente práctico, pero todos ellos imbricados y necesarios para la resolución de algunas incógnitas relacionadas con la captación, aprovisionamiento y explotación del territorio por parte de dos comunidades prehistóricas de cazadores-recolectores finipaleolíticos.

Aunque *a priori* se podría pensar que existen grandes diferencias entre los dos yacimientos, analizando los comportamientos de sus antiguos pobladores comprendemos que su comportamiento no difería en demasía. Se trataba de grupos de cazadores-recolectores que, en términos paleoeconómicos, subsistían de igual forma y cubrían sus necesidades con conductas similares, siempre adaptadas a su respectivo entorno.

Empezando por la descripción del elemento de estudio principal, el sílex, y de las técnicas y herramientas que la Arqueopetrología pone a la disposición de los investigadores para su estudio, estos objetivos se han mostrado como puntos clave para la consecución de la relación de los siguientes propósitos:

1) Se ha realizado una **caracterización arqueopetroológica exhaustiva** - a través de un análisis multidisciplinario - tanto de los materiales silíceos, en forma de industria lítica, empleados en los dos yacimientos - el abrigo de la l'Hort de la Boquera y el abrigo de La Roureda- así como de los materiales silíceos geológicos susceptibles de haber sido explotados por las comunidades de dichos abrigos. A su vez, se ha efectuado un análisis territorial de la potencialidad del entorno, deduciendo sus áreas de influencia en cuestión de materias primas líticas silíceas. Se han realizado a su vez mapas de localización de dichos afloramientos.

2) Se han **distinguido las variedades de sílex** empleadas por los pobladores finipaleolíticos y se han **contextualizado en sus afloramientos originarios**, tanto primarios como secundarios, estableciendo la probable procedencia de dicha materia prima. La conjunción de todos los datos recopilados hasta el momento ha dado lugar a la realización de un análisis territorial y a una **interpretación sobre el grado de conocimiento** del entorno que poseían dichas comunidades.

También se ha debatido sobre el **comportamiento humano prehistórico en relación a la explotación del entorno y a qué estrategias de captación de materias primas silíceas, tanto directas como indirectas**, llevaron a cabo dichas comunidades de cazadores-recolectores.

Por último y en los casos en que esto ha sido posible, se han **asignado las variedades silíceas a un uso tecnotipológico diferencial**.

9.1.1 Valoración final de las técnicas principales y complementarias para la discriminación de tipo silíceos relacionados con el abrigo de l'Hort de la Boquera y el abrigo de la Roureda

A pesar de sospechar que más del 95% de sílex empleado en el yacimiento de l'Hort de la Boquera podía proceder con mucha seguridad de una misma formación - Complejo Ulldemolins-, debíamos valorar mediante un estudio exhaustivo la potencialidad que el resto de afloramientos de material silíceo disponible en el territorio tenían de haber sido explotados.

Una vez realizado el estudio de campo y comprobada la gran concentración de múltiples afloramientos de muy similares características al del Complejo Ulldemolins (Fm Montsant, Fm Muschelkalk, Fm Valldeperes, Fm Pira y Fm Blancafort) y observando que las técnicas clásicas de discriminación - macroscopía mediante lupa binocular y microscopía óptica mediante microscopio óptico - no resultaban efectivas, recurrimos a la aplicación de técnicas mineralógicas más especializadas (MEB, micro-Raman, DRX). Gracias a la combinación de la microscopía óptica con dichas técnicas complementarias, se pudo demostrar que la Fm Montsant de conglomerados (la formación con sílex más cercana al abrigo) no pudo haber abastecido a los pobladores de l'Hort de la Boquera, pudiendo descartar dicha materia prima como la utilizada para la talla de la industria lítica en el yacimiento. Definitivamente, aunque este sílex procediera originariamente del Complejo Ulldemolins, su proceso de inclusión en los conglomerados le ha conferido unas características peculiares y le ha dotado de una huella difícil de borrar.

Más adelante, se intentó discriminar el resto de muestras mediante Espectroscopía micro-Raman, observando la presencia o ausencia de moganita, pero esta solución no resultó efectiva para dicho propósito. No obstante, este método sumó otras características que diferenciaron las muestras de la Fm Serra Llarga (punto de afloramiento de Bellmunt d'Urgell) de las del Tipo 1-2, macroscópicamente muy similares.

La Difracción de Rayos X proporcionó los I.C. de las muestras, así como algunas pistas sobre las rocas caja de las que pudieron extraerse algunas de las muestras arqueológicas. No debemos olvidar pero, que debido al poco número de muestras analizadas no ha podido extraerse una conclusión estadísticamente significativa para la procedencia de las materias primas. Si bien es cierto que todos los datos extraídos pasaran a caracterizar de una manera más exacta las muestras.

A medida que avanzó la investigación se fueron descartando las demás formaciones adyacentes -Fm de facies del Muschelkalk, la Fm Valldeperes, la Fm Pira y la Fm Blancafort - cuyas razones para su no explotación fueron una combinación y una valoración entre motivos intrínsecos a su naturaleza geológica - baja calidad - como motivos paleoculturales, - poca efectividad de explotación.

La zona directamente relacionada con la captación y aprovisionamiento del abrigo de l'Hort de la Boquera fue delimitada: El Complejo Ulldemolins y sus siete puntos de afloramiento (Niveles de yeso del A al G). Se decidió ir un paso más allá e intentar discriminar dichos niveles entre sí y averiguar si existió un/os punto/s de afloramiento más explotado/s que otro/s. Para dicho propósito se planteó experimentar con las técnicas geoquímicas mediante la aplicación del ICP-MS-LA a las muestras. La aplicación de un análisis de este tipo está plenamente justificado, dado el elevado grado de homogeneidad inherente, pero somos conscientes que el estudio aquí expuesto ha sido tan sólo una primera aproximación al potencial que dicha técnica puede ofrecer, muy seguramente, en un futuro.

En el capítulo 8.3.4 dedicado al análisis por ICP-MS-LA se han mostrado unos resultados que relacionan un total de tres muestras arqueológicas con todos los puntos de afloramiento analizados (los siete niveles de yeso) significando que su espectro geoquímico es muy similar. Parece ser, según esta afirmación, que los pobladores de l'Hort de la Boquera conocían y explotaban la totalidad de niveles de yeso del Complejo Ulldemolins. Otras tres muestras arqueológicas presentan el mismo espectro geoquímico que tres afloramientos del Complejo, los puntos de afloramiento de Ulldemolins C, Entrada de Albarca (D) y Mas Monges (F), por lo que se puede deducir que quizás podían tener especial predilección por captar la materia prima en estos tres puntos de afloramiento. Las últimas tres muestras arqueológicas no han podido ser por el momento relacionadas geoquímicamente con ningún afloramiento, por lo que se podría

pensar que existieran más puntos de afloramiento en el Complejo que hoy en día no conocemos debido, quizás, a su total explotación.

No podemos concluir este apartado sin volver a remarcar el pequeño volumen de muestra analizado, cuyos datos debemos manejar con cautela hasta poder aumentar el número de muestras analizadas y observar qué tendencia adoptan, porque sin duda estamos convencidos de que podría tratarse del principio de alguna hipótesis interesante.

Por otro lado, en relación al aproximadamente 5% restante de sílex distintos recuperados en l'Hort de la Boquera, el Tipo 2 y el Tipo 3, así como sus posibles homólogos geológicos, fueron en primer lugar discriminados por los métodos clásicos ya mencionados, aunque se analizaron también con algunos métodos complementarios dando lugar a resultados interesantes.

En el caso del Tipo 2, relacionado con la Fm Unidad Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca, la cual está representada por dos puntos de afloramiento prospectados -Ballobar y La Fatarella-, se demostró mediante MEB (ver cap. 8.3.1) que el punto de afloramiento La Fatarella no se correspondía con una fuente de origen del sílex Tipo 2, circunscribiendo de este modo la investigación.

Mediante el análisis con micro-Raman se pudo deducir que las muestras Tipo 3 y la muestra de la Fm Serra Llarga - Algerrri- eran las únicas que presentaban abundante fluorescencia, aportando a la investigación una similitud más.

A estos dos tipos además, Tipo 2 y Tipo 3, dichas técnicas complementarias han añadido fases minerales, texturas y elementos micropaleontológicos a las descripciones previas de los tipos silíceos, aportándoles una personalidad única.

El caso de las analíticas complementarias para el estudio arqueopetroológico del abrigo de la Roureda ha diferido del caso anterior. Tal y como se ha explicado con anterioridad, las muestras de este abrigo han resultado tener un alto grado de heterogeneidad y unas características peculiares que a su vez, les han conferido una pronta discriminación mediante las técnicas analíticas más utilizadas en Arqueopetroología. Así que al poder tener la oportunidad de utilizar algunas técnicas mineralógicas complementarias fueron también

empleadas de modo diferencial a otros grupos de muestras, pero sin el propósito de discriminarlas sino para aumentar la base de datos, perfeccionando la caracterización previa realizada y abrazando una exhaustiva investigación.

Toda esta experiencia vivida en primera persona me ha ayudado a entender el abanico de costes que este tipo de técnicas y análisis tan exhaustivos llevan consigo, sin considerar únicamente el coste monetario (bastante elevado en algunos casos), sino también de un coste "humano" (necesidad de personal especializado con grandes conocimientos, necesidad de emplear un número elevado de horas para la interpretación de los resultados obtenidos) y temporal (recordemos el tiempo empleado en la preparación previa de las muestras).

Este ejercicio debería servir para poder ser capaces, en posteriores estudios arqueopetrologicos, de valorar, comprender, hacer balance y decidir hasta qué nivel de análisis es necesario, para alcanzar los propósitos de cualquier investigación relacionada con la procedencia de materias primas líticas.

A modo de conclusión, la valoración general del uso de estas técnicas ha resultado en un balance positivo, porque ha ayudado a delimitar la investigación, a aprender a priorizar datos y en definitiva, a desarrollar algunas habilidades muy valiosas que deberían ser aplicadas en todos los trabajos de investigación de este tipo.

9.1.2 Áreas de influencia y aprovisionamiento de materias primas líticas en l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Tarragona). Conocimiento, uso y explotación del territorio relacionado: propuestas de captación de materias primas silíceas

El estudio de las materias primas líticas silíceas del abrigo de l'Hort de la Boquera ha consistido en el análisis arqueopetrologico, a distintos niveles, de un total de 24.108 restos de talla, 976 útiles y 269 núcleos y fragmentos de núcleo procedentes de su nivel II.

Paralelamente a este trabajo, las intensas prospecciones de campo, en un radio de 85 km a la redonda, han dado lugar al hallazgo de 27 puntos de afloramiento de material silíceo, *a priori*, susceptible de haber sido explotado durante la prehistoria por los pobladores del abrigo.

Se han diferenciado un total de 3 tipos y 4 variedades de sílex para el abrigo de l'Hort de la Boquera, cuyas características macroscópicas recordamos brevemente.

**Tipo 1:** tipo de origen evaporítico que cuenta con dos variedades, el Tipo 1-1 y el Tipo 1-2. La primera variedad, el Tipo 1-1, versicolor, se ha descrito como: cristalino, generalmente patinado y con presencia de abundantes impurezas u otros elementos (óxidos metálicos, lenticulas de yeso, etc.). La segunda variedad, Tipo 1-2, de color granate intenso, se ha descrito como: cristalino, de grano muy fino y gran calidad y sin impurezas. El Tipo 1 y sus dos variedades están relacionados con los siguientes siete afloramientos primarios, de carácter regional (aprox. a 20 km del abrigo) y su tipo de explotación es recurrente.

- Complejo de Ulldemolins. La categoría de la materia prima es autóctona para todos los puntos de afloramiento.

- 1) Nivel de yesos A - Ulldemolins A
- 2) Nivel de yesos B - Ulldemolins B
- 3) Nivel de yesos C - Ulldemolins C
- 4) Nivel de yesos D - Entrada de Albarca (D)
- 5) Nivel de yesos E- Albarca Cantera (E)
- 6) Nivel de yesos F - Mas de les Monges (F)
- 7) Nivel de yesos G - Cornudella (G)

¿Por qué las comunidades de l'Hort de la Boquera explotaron el Complejo Uldemollins y no otras formaciones más cercanas?

El abrigo de l'Hort de la Boquera está emplazado en una región muy rica en material silíceo. Se ha podido comprobar mediante el intenso trabajo de campo realizado, que en un radio de 20 km, el abrigo cuenta con más de 20 puntos de afloramientos de material silíceo.

Los puntos de afloramiento físicamente más cercanos al yacimiento (8 km) se hallan en Cabacés (Fm Montsant), donde se hallan hasta 4 puntos distintos de sílex. Precisamente este material se encuentra muy disperso, poco abundante y emplazado en una formación conglomerática dificultando gravemente su extracción, la cual no puede llevarse a cabo sin las herramientas adecuadas. Otra Fm cercana que proporciona sílex es la correspondiente a las dos facies del Muschelkalk (inferior y superior) situadas a unos 18-19 km. Nos hallamos delante de los mismos problemas, una roca caja extremadamente dura (calizas y dolomías), poca abundancia y aún sumaremos otro factor en contra: el sílex que proporciona es aún de peor

calidad, porque se halla tectonizado y con abundantes vetas de cuarzo que provocarían que la futura talla se complicase.

La Fm Morera del Montsant, de calizas con sílex, también se halla cerca del abrigo y muy cerca de un punto de afloramiento sí explotado (Cornudella - nivel de yesos G) del Complejo Ulldemolins. Creemos que las razones de la no explotación del sitio fueron que la roca caja era extremadamente dura y la materia prima no apta para la talla.

Por otro lado, creemos que los afloramientos formados por las Fm Valldeperes, Pira y Blancafort fueron también conocidos por los habitantes de l'Hort de la Boquera pero no fueron explotados por una razón primordial; el cálculo de beneficio/gasto energético no resultaba positivo: las características texturales macroscópicas de dichos afloramientos guardan extraordinaria similitud con los del Complejo Ulldemolins, pero su considerable distancia al abrigo no se vería correspondida por otros factores, como sería por un aumento de la calidad de la materia prima y por consiguiente, mayor aptitud para la talla de la misma.

La conclusión que se puede extraer al respecto es que a pesar de la gran multiplicidad de afloramientos, la mayoría proporciona un tipo de sílex de origen evaporítico de calidad media-baja. Así de este modo se puede pensar que los grupos humanos del abrigo, buenos conocedores del territorio, no iban en busca de un tipo silíceo de mayor calidad, sino de un material silíceo abundante y fácil de extraer y por ende, iban en busca de una mayor efectividad, donde el gasto energético empleado para dicha tarea fuera el menor posible.

Las analíticas y las evidencias muestran que los pobladores se abastecían primordialmente y de manera recurrente del sílex del Complejo Ulldemollins, abundante y de muy fácil extracción respecto a las otras variedades ya mencionadas. Tal y como avanzamos en el cap. 8.1, no podemos afirmar que los pobladores se abastecieran directamente de los puntos de afloramiento de este complejo, sino que podían también captar los nódulos directamente del lecho del río Montsant, situado a tan sólo 100 m del abrigo. De este modo, podríamos aducir dos comportamientos distintos de captación de la materia prima: directamente de los afloramientos primarios, hablando entonces de un abastecimiento regional y/o directamente del afloramiento secundario - el lecho del río-, hablando entonces de un abastecimiento local (Higgs *et al.* 1979).

Este modelo de comportamiento se adecua al defendido por distintos autores (Binford 1982; Turq 1989; Geneste 1992 y Féblot-Augustins 1999) donde tal y como se ha explicado

anteriormente se remarca que casi la totalidad de material recuperado en un yacimiento arqueológico procede de una distancia no más lejana a 20 km.

**Tipo 2:** tipo de origen por reemplazamiento de calizas lacustres que se ha descrito como: *Wackestone-Packstone* con abundantes restos de algas carofíceas y con un bandeado/laminado característico. Este tipo está relacionado con los siguientes dos afloramientos primarios, de carácter extraregional (aprox. a 75 km del abrigo) y su tipo de explotación es puntual:

- Unidad Torrente de Cinca – Alcolea de Cinca. La categoría de materia prima para los dos puntos de afloramiento es alóctona.

1) Ballobar

2) Puente de Candanos

**Tipo 3:** tipo de origen por reemplazamiento de calizas lacustres que se ha descrito como: *Wackestone* con restos aún carbonatados aislados. Este tipo está relacionado con los siguientes dos afloramientos primarios, de carácter extraregional (aprox. a 75 km del abrigo) y su tipo de explotación es puntual:

- Fm La Serra LLarga . La categoría de materia prima para los dos puntos de afloramiento es alóctona.

1) Algerri

2) Castelló de Farfanya

¿Transporte natural de materia prima o contactos e intercambios entre comunidades humanas?

Menos del 5% del total del sílex recuperado en el abrigo de l'Hort de la Boquera se corresponde con estos dos tipos, veamos qué hipótesis explicativas barajamos.

Se conoce que los lechos y márgenes de ríos, así como sus terrazas, tanto actuales como antiguas, son un punto de emplazamiento secundario excelente – e inmediato - para la captación y aprovisionamiento de materias primas silíceas de diversa procedencia. La falta de hallazgos de fragmentos con córtex entre los restos analizados correspondientes a los tipos 2 y 3 podría ser explicado por la erosión del afloramiento sufrida por el mismo transporte fluvial. Las ventajas de la captación directa de dichos depósitos son diversas:

- Eliminan la dificultad en la extracción de la materia prima (rocas caja muy compactas -por ejemplo del sílex de la Fm La Serra llarga-)
- Facilitan el aprovisionamiento de tipos distintos de materia prima (distintas variedades de sílex) procedente de lugares remotos o muy alejados del asentamiento.

Las redes hidrográficas implicadas serían las siguientes:

El **Tipo 2**, localizado en dos puntos de afloramiento -Ballobar y Puente de Candanos (Huesca)-, pertenecientes a la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca, habría sido transportado en forma de nódulos por el río Alcanadre, hasta el río Cinca para pasar al río Segre y por último finalizar su viaje en el río Ebro.

Por otro lado, El **Tipo 3**, localizado en dos puntos de afloramiento - Algerri y Castelló de Farfanya-, pertenecientes a la Fm La Serra Llarga, habría sido transportado en forma de nódulos por el río Segre y de ese río confluir en el río Ebro.

Tal y como se ha explicado anteriormente, en la antigua terraza del río Ebro emplazada en la actual población de Flix (a 30 km del abrigo) se documentaron nódulos de sílex de distinto tipo. En este caso, se recuperaron un par de nódulos de sílex tipo *Mudstone* de color gris y de grano muy fino sin correspondencia con ningún tipo de sílex local. La erosión de los materiales situados en el cauce alto de cualquier río y su posterior desplazamiento provocan un desplazamiento de decenas incluso centenares de km desde su posición primaria original.

Otra hipótesis plausible considera si pudieran existir otras maneras indirectas de captación de materias primas, como por ejemplo, el intercambio de materias primas líticas por parte de grupos de comunidades prehistóricas alejadas y asentadas en distintas zonas. Los contactos entre grupos de cazadores-recolectores son evidentes, ya que eran sociedades itinerantes, normalmente estacionales, que se movían a través del territorio persiguiendo normalmente las fuentes de alimento y materias primas. Estos grupos de cazadores-recolectores no vivían aislados sino que tenían contactos con otros grupos de iguales, produciéndose contactos entre bandas (Johnson y Earl 2003). En estas reuniones podían intercambiar desde objetos hasta información sobre el medio.

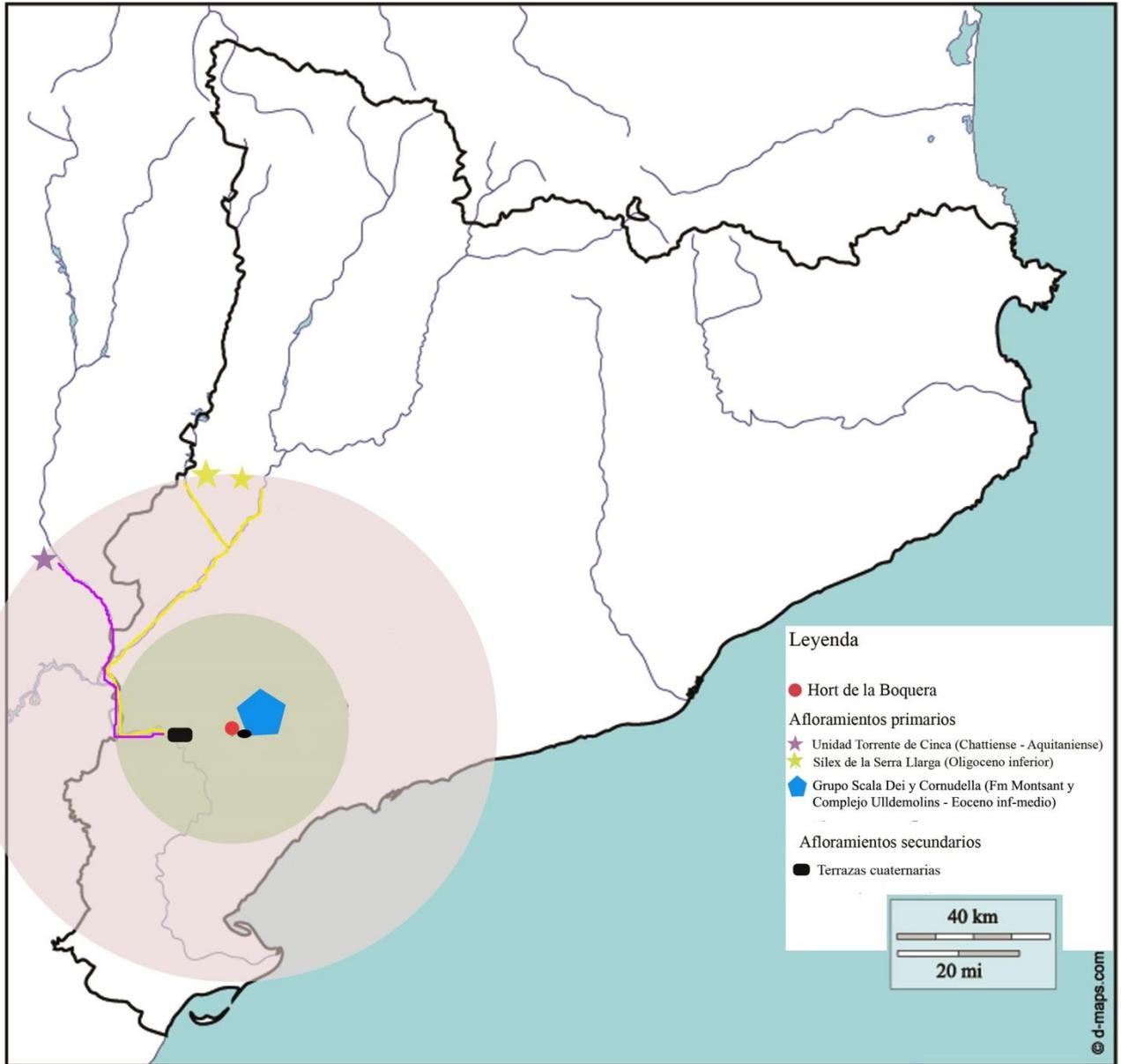
Para dar cuerpo a esta hipótesis se ha señalado la falta de restos corticales y la ausencia de núcleos, por lo que los restos líticos hallados sólo se corresponderían con una cadena lítica operativa incompleta. Quizás un análisis traceológico que desvelara si dichos útiles líticos fueron o no usados otorgaría a las piezas sin trazas un significado simbólico para el grupo y por consiguiente, un valor añadido para ser objeto de intercambio. Si esta hipótesis fuera cierta la afirmación que puede extraerse es que los grupos humanos del abrigo de l'Hort de la Boquera tendían a tener contactos, seguramente esporádicos, con algunos de los grupos humanos situados más al norte y noroeste.

Pero es difícil afirmar con rotundidad de qué manera llegaron esos tipos de sílex al yacimiento, incluso puede que las dos hipótesis no sean excluyentes.

Veamos a continuacion un resumen en forma de tabla y mapa de lo aquí expuesto (tabla 27, fig. 317):

<b>AFLORAMIENTO</b>	<b>FORMACIÓN</b>	<b>DISTANCIA (km)/RADIO DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>	<b>VARIEDAD DE SÍLEX RELACIONADA/CATEGORÍA</b>	<b>TIPO DE EXPLOTACIÓN</b>
Cabacés I	Fm Montsant	8	Primario	-	-
Cabacés II	Fm Montsant	10	Primario	-	-
Cabacés III	Fm Montsant	12	Primario	-	-
Albarca Conglomerat	Fm Montsant	24	Primario	-	-
Nivel de yesos A - Ulldemolins A	Complejo Ulldemolins	19 - Local	Primario	Tipo 1- Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos B- Ulldemolins B	Complejo Ulldemolins	20 - Local - Regional	Primario	Tipo 1- Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos C - Ulldemolins C	Complejo Ulldemolins	22- Local - Regional	Primario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos D - Entrada de Albarca	Complejo Ulldemolins	23- Local - Regional	Primario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos E- Albarca Cantera	Complejo Ulldemolins	24- Local - Regional	Primario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos F - Mas de les Monges	Complejo Ulldemolins	25- Local - Regional	Primario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente
Nivel de yesos G - Cornudella	Complejo Ulldemolins	31- Local - Regional	Primario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente
Morera del Montsant	Morera del Montsant Fm	28	Primario	-	-
Liditas de Poboleda	Carbonífero	29	Primario	-	-
Muschelkalk inferior	Muschelkalk	19	Primario	-	-
Muschelkalk superior	Muschelkalk	51	Primario	-	-
Vilaverd	Fm Valldeperes	56	Primario	-	-
Lilla	Fm Valldeperes	56	Primario	-	-
Pira	Fm Pira	54	Primario	-	-
Els Prats	Fm Pira	57	Primario	-	-
Sarral	Fm Pira	58	Primario	-	-
Blancafort	Fm Blancafort	58	Primario	-	-
Ballobar	Unidad Torrente de Cinca	72- Extraregional	Primario	Tipo 2-Alóctono	Puntual
La Fatarella	Unidad Torrente de Cinca	38	Primario	-	-
Algerri	Fm La Serra Llarga	73- Extraregional	Primario	Tipo 3-Alóctono	Puntual
Castelló de Farfanya	Fm La Serra Llarga	75	Primario	Tipo 3-Alóctono	Puntual
Bellmunt d'Urgell	Fm La Serra Llarga	72	Primario	-	-
Terrazas del Ebro	Cuaternario	30- Regional	Secundario	Tipo 2, Tipo 3- Alóctono	Puntual
Lecho del río Montsant	Cuaternario	100 m- Local	Secundario	Tipo 1-Autóctono	Recurrente

Tabla 27. Resumen de afloramientos localizados no explotados y afloramientos explotados relacionados con el aprovisionamiento de materias primas del abrigo de l'Hort de la Boquera.



**Fig. 317.** Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que incluye afloramientos primarios y secundarios donde se ha documentado la recuperación de material silíceo relacionados con l'Hort de la Boquera así como ríos y afluentes que explican el hipotético transporte fluvial sufrido por los nódulos silíceos de las variedades de Tipo 2 (morado) y Tipo 3 (amarillo).

9.1.3 Áreas de influencia y aprovisionamiento de materias primas líticas en el abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló). Conocimiento, uso y explotación del territorio relacionado: propuestas de captación de materias primas silíceas

El estudio de las materias primas líticas silíceas del abrigo de La Roureda ha consistido en el análisis arqueopetroológico, a distintos niveles, de un total de 2.753 restos de talla, 286 útiles y 20 núcleos y fragmentos de núcleo procedentes de su nivel epimagdalenense (Nivel II).

Paralelamente a este trabajo, las intensas prospecciones de campo, en un radio de 100 km a la redonda, han dado lugar al hallazgo de 9 puntos de afloramiento de material silíceo, *a priori*, susceptible de haber sido explotado durante la prehistoria por los pobladores del abrigo. Se han diferenciado un total de 4 tipos y 5 variedades de sílex, cuyas características macroscópicas recordamos brevemente.

**Tipo A:** tipo de origen salobre/ lacustre que cuenta con dos variedades, el Tipo A-I y el Tipo A-II. La primera variedad, el Tipo A-I, de color negro, se ha descrito como: *Mudstone* con restos de algas carofíceas aislados. La segunda variedad, Tipo A-II, de color rubio, se ha descrito como: *Mudstone* con restos de algas carofíceas aislados. Este tipo está relacionado con los siguientes tres afloramientos, de carácter local-regional y extraregional y su tipo de explotación es recurrente (excepto para Mas del Pinar, que es desconocida):

- Mas del Pinar (afloramiento secundario antropizado). Localizado a 5km del abrigo. Se trata de un sílex autóctono.
- Sinclinal de Fortanete (Fm primaria de Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno). Localizado a 22 km del abrigo. Se trata de un sílex autóctono.
- La Font de la Salut (Fm primaria de Conglomerados del Eoceno - Oligoceno). Localizado a 45 km del abrigo. Se trata de un sílex alóctono.

**Tipo B:** tipo de origen salobre/ lacustre que se ha descrito como: *Wackestone-Packstone* bioclástico con restos de algas carofíceas y carbonato original. Este tipo está relacionado con el siguiente afloramiento, de carácter local y su explotación medianamente recurrente:

- Pista de la estrella-Mas del Quinyó (Fm primaria de Dolomías, margodolomías y calizas del Turoniense). Localizado a 10km del abrigo. Se trata de un sílex autóctono.

Con los datos de los que disponemos podemos afirmar que los tipos de sílex A-I, A-II y B se pueden relacionar con los tres afloramientos silíceos primarios<sup>28</sup> más cercanos al yacimiento (Pista de la Estrella, Fortanete y Font de la Salut) abarcando un radio de 45 km a la redonda, los cuales se explotaron de manera directa y de manera regular; conocían los puntos de afloramiento y podían reseguir las formaciones a medida que la materia prima iba agotándose.

**Tipo C:** tipo de origen continental (¿?) que se ha descrito como: de textura cristalina, sin clastos y muy homogéneo. Este tipo no está relacionado con ningún afloramiento por el momento y su tipo de explotación es puntual. La categoría como materia prima asignada es por el momento desconocida.

Hasta el momento no se ha podido relacionar el sílex Tipo C con ningún afloramiento geológico y sólo disponemos de la información hallada sobre un sílex blanco, calcedonioso, de grano fino y de buena calidad (Val 1977; Fernández López de Pablo *et al.* 2005) hallado en algunos talleres de superficie eneolíticos así como en dos cuevas neolíticas de la zona y que sospechamos, podría tratarse de la misma variedad que se ha recuperado en El abrigo de la Roureda. Hasta el momento no disponemos de más información relacionada con el hallazgo del mismo tipo de sílex en yacimientos sincrónicos por lo que la investigación deberá ser continuada.

**Tipo D:** tipo de origen marino que se ha descrito como: *Packstone* bioclástico con abundantes restos micropaleontológicos marinos. Este tipo está relacionado con los siguientes afloramientos secundarios, de carácter local a extraregional y de explotación medianamente recurrente a puntual:

- Lecho del río Montlleó (Fm cuaternaria de aluviones). Localizado a 5 km del abrigo. Se trata de un sílex autóctono.
- Lecho del río Guadalope (Fm cuaternaria de aluviones). Localizado a 62 km del abrigo. Se trata de un sílex alóctono.

Los análisis arqueopetrologógicos relacionan el Tipo D con al menos dos afloramientos secundarios situados en dos lechos de río distintos. Por un lado, se ha documentado el hallazgo y recuperación de nódulos silíceos oscuros en el lecho del río el Montllé, a unos 5 km del

---

<sup>28</sup> Se ha descartado el afloramiento "Mas del Pinar" porque tal y como se ha explicado anteriormente, tratándose de un afloramiento secundario actual, no es posible extrapolar sus características al período final del Paleolítico.

abrigo. Los grupos humanos del abrigo, en sus visitas al mismo para su abastecimiento de agua y sus incursiones dedicadas a la caza o la pesca, pudieron observar que el río también aportaba materia prima silíceo, nódulos que pudieron haber viajado decenas o incluso centenares de kilómetros, arrancados de su roca caja por procesos naturales de meteorización, arrastre y posterior transporte por las aguas, hasta formar parte del mismo lecho, donde se recogerían con total facilidad.

Otra hipótesis podría ser que dichos nódulos se correspondan con los hallados en el lecho del río Guadalupe, situado a 62 km. Debido a la gran distancia que separa el abrigo de este segundo afloramiento podríamos pensar en una modalidad de aprovisionamiento indirecta o de intercambio, provocada por los hipotéticos contactos que pudieron mantener las comunidades del abrigo de la Roureda con otras comunidades de la zona aragonesa.

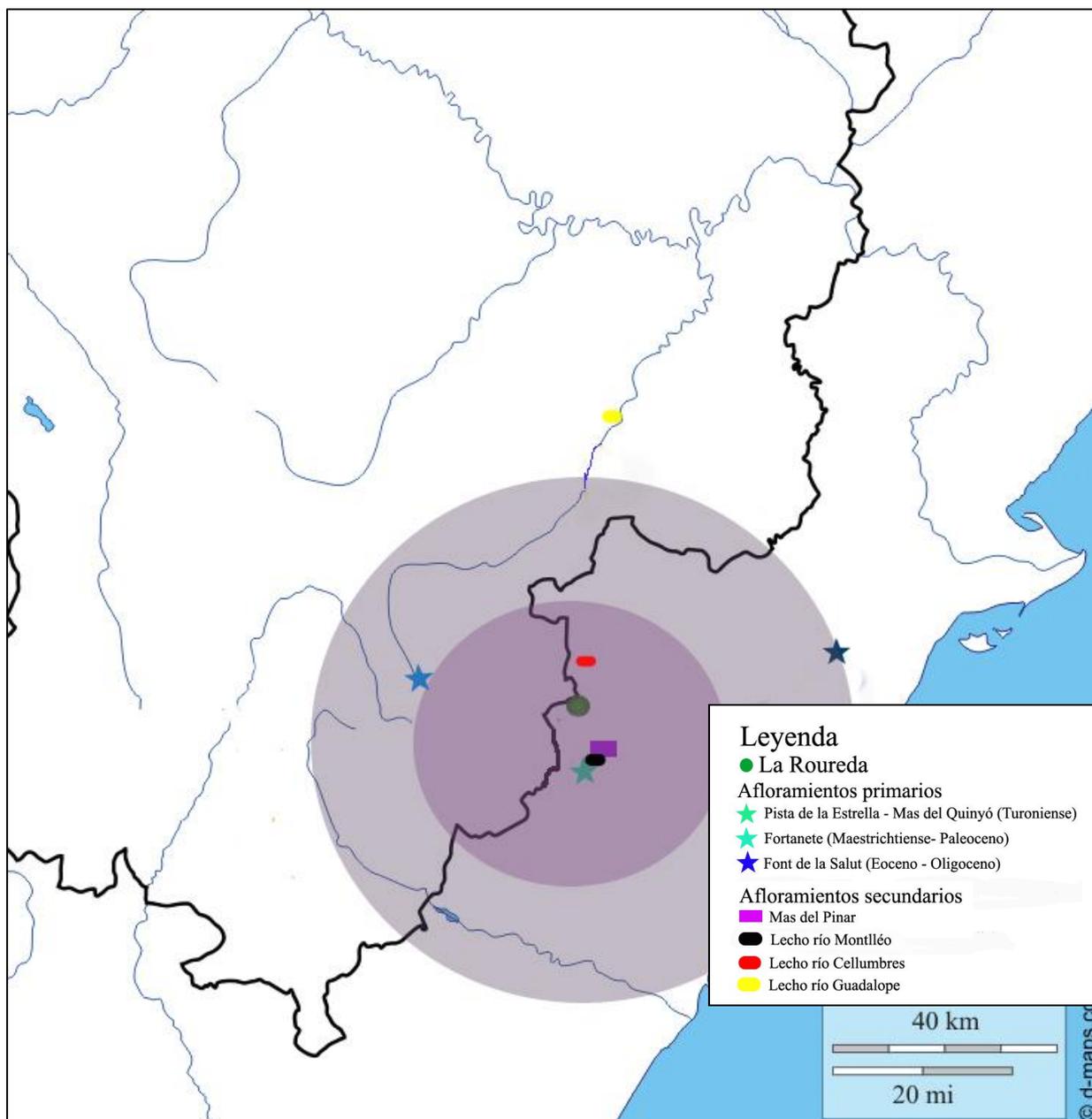
Al no disponer aún de suficientes estudios comparativos y discriminatorios de ambas materias primas las conclusiones no pueden decantarse en una u otra dirección, siendo la única evidencia que el Tipo D fue explotado de manera medianamente recurrente.

Una última información (Dr. Román, com. pers.) es que en el lecho de otro río, el Cellumbres, a unos 3 km de distancia del abrigo, también se hallan nódulos de un sílex oscuro. Este último río transcurre a escasos 100 m del yacimiento, por lo que es fácil pensar que los nódulos silíceos pudiesen llegar hasta ese mismo punto o que quizás los pobladores siguieran el curso del río en busca de dicha materia prima captándola directamente por recogida superficial. Insistimos en que aún no se ha podido analizar ningún nódulo procedente de este río, pero creemos que sería muy interesante poderlo realizar en un futuro.

Veamos a continuacion un resumen en forma de tabla y de mapa de lo hasta ahora aquí expuesto (tabla 28 y fig. 318):

<b>AFLORAMIENTO</b>	<b>FORMACIÓN</b>	<b>DISTANCIA (km)/ RADIO DE EXPLOTACIÓN</b>	<b>TIPO DE AFLORAMIENTO</b>	<b>VARIEDADES DE SÍLEX RELACIONADAS/ CATEGORÍA</b>	<b>TIPO DE EXPLOTACIÓN</b>
Mas del Pinar	Antrópico	5 - Local	Secundario	Tipo A - Autóctono	¿?
Pista de la estrella- Mas del Quinyó	Dolomías, margodolomías y calizas del Turonense	10 - Local	Primario	Tipo B - Autóctono	Medianamente recurrente
Sinclinal de Fortanete	Calizas con niveles margosos del Maestrichtiense – Paleoceno	22 - Regional	Primario	Tipo A - Autóctono	Recurrente
Font de la Salut	Fm Conglomerados del Eoceno - Oligoceno	45 - Extraregional	Primario	Tipo A - Alóctono	Recurrente
Fondespatla	Carbonatos terciarios del Grupo Matarraña - Guadalope	68	Primario	-	-
Chelva	Fm Chelva	75	Primario	-	-
Valverde	Fm Camarena	87	Primario	-	-
Lecho del río Montlleó	Cuaternario	5 - Local	Secundario	Tipo D - Autóctono	Medianamente recurrente a puntual
Lecho del río Guadalope	Cuaternario	62 - Extraregional	Secundario	Tipo D - Alóctono	Medianamente recurrente a puntual

Tabla 28. Resumen de afloramientos localizados y afloramientos relacionados con el aprovisionamiento de materias primas del abrigo de la Roureda.



**Fig. 318.** Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que incluye afloramientos primarios y secundarios donde se ha documentado la recuperación de material silíceo en relación al abrigo de la Roureda.

#### 9.1.4 Conclusiones finales

El uso del territorio por parte de los pobladores del abrigo de l'Hort de la Boquera y del abrigo de la Roureda y la interpretación sobre la gestión de dichos recursos ha intentado ser explicada aquí, viendo que cada grupo humano desarrolló unos sistemas de aprovechamiento y captación de materias primas adecuado y adaptado al entorno por el que acostumbraba a moverse. Parece ser que los grupos humanos que habitaron en el abrigo de l'Hort de la Boquera tuvieron una tendencia y un radio de acción local gracias a la riqueza en material silíceo de la zona en la que estaban emplazados, con un número muy elevado de puntos de afloramiento silíceo por km<sup>2</sup>. Sin embargo, se podría remarcar que de manera puntual la tendencia era a desplazarse, quizás haciendo expediciones, hacia el noroeste, proceso en el cual se contactaba con otros grupos humanos y se podían intercambiar materias primas que no afloraban cerca del abrigo.

El abrigo de La Roureda está emplazado en una región relativamente pobre en material silíceo. Se ha podido comprobar mediante el trabajo de campo realizado, que en un radio de 20 km tan sólo se han hallado 2 puntos de afloramientos de material silíceo de emplazamiento primario. Este hecho puede responder a tres motivos, el primero, la poca información documentada sobre afloramientos silíceos, lo cual puede demostrar o bien que no existen o bien que los afloramientos de sílex eran de dimensiones tan reducidas (riñones dispersos) que los geólogos no los tuvieron en cuenta al cartografiar la zona, el segundo, las limitaciones humanas y temporales que han acaecido para poder descubrir la zona a pie de manera exhaustiva, y el tercero, debemos tener en cuenta que quizás parte de los afloramientos silíceos que existían durante la Prehistoria fueron explotados hasta su total agotamiento.

No obstante, conocemos que a nivel local dispusieron del afloramiento de Pista de la estrella-Mas del Quinyó. Se trata de un afloramiento desigual y cuyos puntos de extracción de la materia prima en la misma formación, podían estar muy alejados entre sí y no seguir una pauta de afloramiento predecible para los grupos humanos.

En el análisis territorial de los grupos de cazadores-recolectores se ha observado un patrón de movilidad mayoritariamente este-oeste, quizás debido a esta búsqueda en el terreno de afloramientos, donde quizás la estrategia seguida fue el de ir siguiendo un estrato rico en sílex el cual tenía una continuidad este-oeste. Otro factor a tener en cuenta sería la orografía del terreno, muy abrupta en ciertas zonas que quizás fueron evitadas.

Otra hipótesis a añadir es que los cazadores-recolectores del abrigo de La Roureda, en vista del poco material silíceo local, tuvieran tendencia a explorar el territorio aragonés, algo más rico en materias primas, y quizás no por captación directa sino a través de contacto e interacción con otras comunidades consiguieran otros tipos de sílex minoritarios también hallados en el abrigo.

No obstante, no debemos olvidar el hecho de que es muy difícil saber con exactitud qué afloramientos - sobre todo secundarios- fueron explotados, sin olvidar también que la manera de explotar un territorio en la Prehistoria es también una cuestión cultural (Carrillo 2011).

Esta diferencia de comportamientos observados entre las comunidades de sendos abrigos, l'Hort de la Boquera y La Roureda, pudo venir provocada con mucha seguridad por la desigual abundancia y localización de recursos líticos naturales, provocando unos comportamientos distintos de supervivencia que hicieron que los grupos humanos se debieran adaptar a las necesidades y circunstancias particulares que el entorno les brindó (fig. 319).

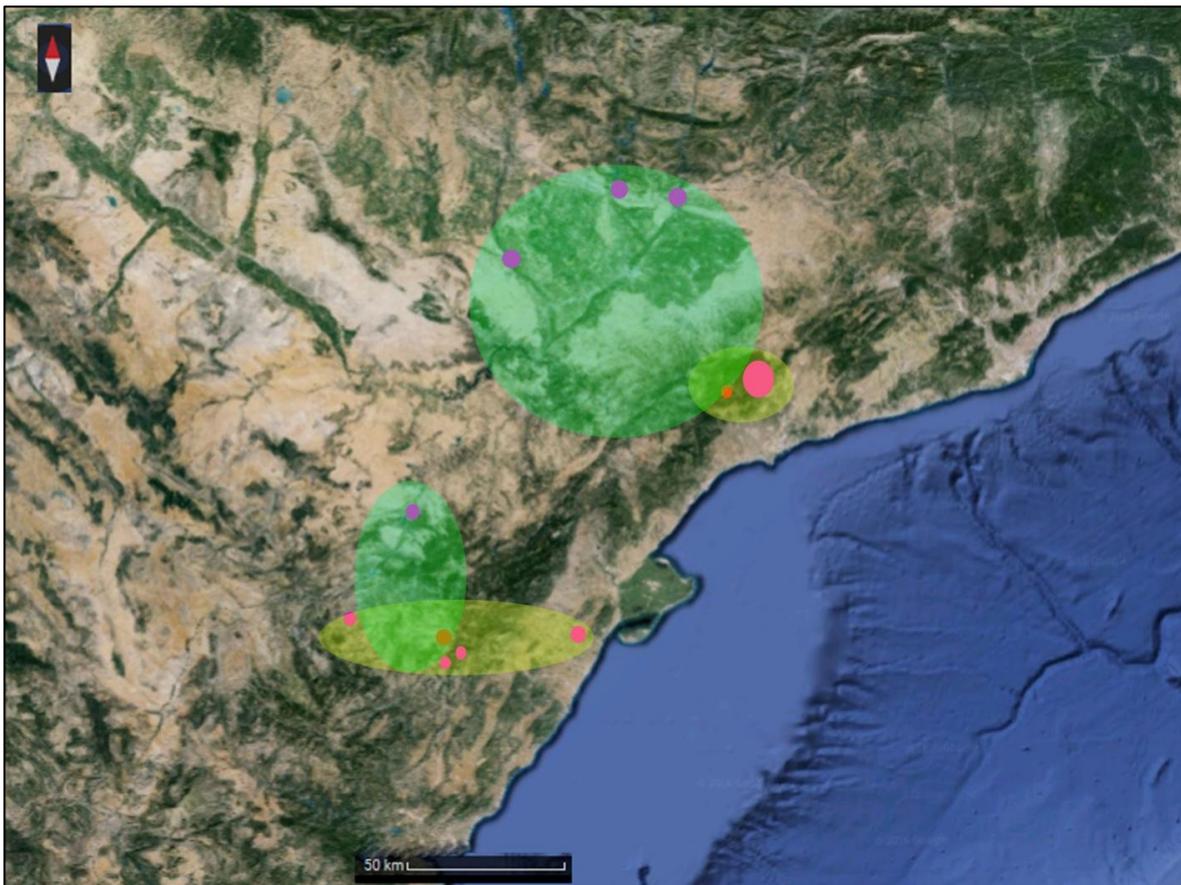


Fig. 319. Posibles áreas y radios de movilidad para la obtención de materias primas de los principales afloramientos - tanto por captación directa del afloramiento (áreas amarillas) como indirecta por posibles intercambios (áreas verdes) - de ambos yacimientos.

Los datos aquí presentados reflejan una gran independencia y autosuficiencia, aparte de un gran conocimiento a nivel territorial y una explotación certera de los recursos minerales respectivos, permitiéndoles a ambos grupos de pobladores de los dos abrigos una manufactura de todo tipo de útiles necesarios para afrontar su día a día.

## **9.2 Planteamiento futuro**

Esta tesis ha dejado algunos puntos de la misma encaminados hacia una resolución pero no resueltos íntegramente. La vertiente geoquímica del estudio arqueopetroológico de las muestras relacionadas con el abrigo de l'Hort de la Boquera es unos de los casos que no han podido ser concluidos.

Las investigaciones sobre la procedencia de las materias primas silíceas en la Prehistoria ha supuesto un paso adelante con la adición de las técnicas geoquímicas y análisis de elementos químicos al método arqueopetroológico. Al contrario que las técnicas macroscópicas que cuentan aún con un alto grado de subjetividad en sus resultados, las técnicas geoquímicas y especialmente, el ICP-MS-LA generan unos datos objetivos, cuantificables y representativos de las muestras, ayudándonos a comprender mejor los análisis mineralógicos previos.

En el presente trabajo se han presentado algunos de los resultados preliminares del primer estudio geoquímico aplicado al estudio arqueopetroológico llevado a cabo para la zona del Valle del Montsant. Aunque los análisis geoquímicos previstos han sido completados, los resultados aquí expuestos pueden ser en un futuro reinterpretados, porque es sólo a través del ensayo y error que la ciencia puede avanzar. Por otro lado, creemos firmemente que la geoquímica es una herramienta de futuro sólida para resolver algunas incógnitas sobre proveniencia de materias primas.

Además de este primer objetivo focalizado en la zona del valle del Montsant, tenemos el propósito de interpretar el análisis ya realizado para las muestras relacionadas con los Tipos 2 y 3 mediante la comparación de 4 muestras geológicas -2 procedentes de los puntos de afloramiento de la Fm la Serra Llarga (Castelló de Farfanya y Algerri) y 1 procedente de la Unidad Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca (Ballobar)-, 2 muestras correspondientes al Tipo

2 ("HB12-E7-404" y "HB09-G6-3662") y una muestra correspondiente al Tipo 3 ("HB10-G8-49").

Queda patente el gran interés que puede extraerse de la aplicación de dichas técnicas pero no podemos concluir el apartado sin antes remarcar que su uso debe de estar plenamente justificado. El alto coste monetario así como el gran nivel de conocimientos que deben de ser aplicados en el proceso completo hacen que las técnicas geoquímicas se conviertan en una inversión muy importante de medios y capacidades y su uso debe ser valorado meticulosamente por los investigadores.

Asimismo, también han quedado algunos asuntos iniciados pero no completados para la investigación del abrigo de La Roureda.

En primer lugar, tal y como se ha avanzado anteriormente, las limitaciones humanas han marcado los límites del trabajo de campo, el cual se espera extender en un futuro próximo realizando una prospección exhaustiva del territorio e incidiendo sobre todo en las fuentes secundarias de aprovisionamiento de materias primas (lecho río Montlleó, lecho río Cellumbres), siendo las fuentes más accesibles desde el abrigo pero al mismo tiempo desconocidas.

Un estudio exhaustivo de comparación de algas carofíceas sería necesario con el propósito de aproximar aun más las posibles fuentes primarias de materias primas y proporcionaría una guía de nueva búsqueda de afloramientos geológicos de la zona.

Se deberá incidir en el estudio de la proveniencia de las dos variedades de sílex Tipo C y Tipo D, las cuales son las que menos resultados positivos han proporcionado. En el caso del Tipo C, tan sólo se ha logrado encontrar un par de referencias bibliográficas de un sílex aparentemente parecido, aunque de cronología más tardía (Val 1977 y Fernández López de Pablo *et al.* 2005) en algunos yacimientos próximos. La investigación debería empezar por un primer estudio de las materias primas de dichos yacimientos para poder comprobar que se trata del mismo tipo de sílex. A partir de ese momento, se podrían retomar las prospecciones geológicas en busca de la fuente primaria, esta vez, empezando a prospectar en los alrededores de dichos yacimientos.

Para el caso del Tipo D se deberá seguir con la búsqueda de nódulos en lugares como los lechos del río Montlleó o del río Cellumbres, donde se han documentado nódulos silíceos de

dimensiones variables así como en la multitud de ramblas adyacentes conocidas (Rambla Carbonera, Rambla de la Viuda, Rambla de les Truites...) (fig. 320).



Fig. 320. Prospección en busca de cantos silíceos en Rambla Carbonera (Castelló), mayo de 2015. Foto: Jordi Casadellà.

Se deberá también incidir en la colaboración con el grupo de investigadores en materias primas del territorio aragonés (Universidad de Zaragoza) (fig. 321) y analizar e interpretar hasta qué punto podían haber tenido contacto e interacción unas comunidades con otras a través de los estudios de procedencia de materias primas líticas.



Fig. 321. Nódulos silíceos recuperados en el lecho del río Guadalope en la campaña de prospecciones realizada en mayo '15. Foto cedida por el investigador Luis Miguel García Simón (Universidad de Zaragoza).

## VI SECTION: DISCUSSION AND GENERAL CONCLUSIONS. FUTURE LINES

### 9.1. Discussion

In this thesis we set several goals, some theoretical and other entirely practical, but all of them overlapping and necessary for the resolution of some unknowns related to the captation, provisioning and exploitation of the territory by two prehistoric communities of hunter-gatherers in the late Palaeolithic.

Although one might think that there are major differences between the two sites, analyzing the behavior of its inhabitants allow us to understand that their behavior did not differ too much. They were hunter-gatherers who, in palaeoeconomic terms, subsisted equally and covered their needs with similar behaviors, always adapted to their respective environment.

Starting with the description of the main element of study, flint, and the techniques and tools of Archaeopetrology, these goals have become key points for achieving the following purposes:

1) It has been done **an extensive archaeopetrologic characterization** - through a multidisciplinary analysis - of the lithic industry used in both archaeological sites - L'Hort de la Boquera and La Roureda rockshelters, and geological siliceous materials capable of being exploited by those communities. In addition it has been made a territorial analysis of the potentiality of the environment, deducing their areas of influence in terms of siliceous lithic raw materials. Location maps for those outcrops have been made also.

2) **It has been distinguished the different flint varieties** employed by the human communities **contextualizing them** in their primary and secondary outcrops, establishing the probable origin of that raw material. The combination of all data collected so far has led to the realization of a territorial analysis and to **the interpretation of the degree of knowledge** of the environment that those communities had.

It has also been discussed **prehistoric human behavior in relation to the exploitation of the environment and what type of recruitment strategies of the siliceous raw materials**, both direct and indirect, conducted these hunter-gatherers communities.

Finally, in those cases where this has been possible, **siliceous varieties have been assigned to a technotypical use.**

### 9.1.1 Discriminating siliceous types of l'Hort de la Boquera and La Roureda rockshelters. Main and complementary techniques evaluation

Despite more than 95% of flint employed at l'Hort de la Boquera site could proceed from the same formation - Ulldemolins Complex- the rest of siliceous material outcrops available in the territory must be evaluated in order to know their potentiality to be exploited.

Once the field study conducted and verified the high concentration of multiple outcrops -with very similar characteristics to the Ulldemolins Complex (Montsant Fm, Muschelkalk Fm, Valdeperes Fm, Pira Fm and Blancafort Fm) - and noting that the classical techniques of discrimination - macroscopic by binocular microscope and optical microscopy by petrographic microscopy - were not effective, we turned to the application of more specialized mineralogical techniques (SEM, Micro-Raman, XRD). Thanks to the combination of optical microscopy with these complementary techniques, it was demonstrated that the Montsant Fm (the nearest formation including flint) could not have supplied the inhabitants of l'Hort de la Boquera in order to manufacture their lithic tools. Definitely, although the original source of this flint was the Ulldemolins Complex, the process suffered by its inclusion in the conglomerates has conferred special characteristics.

Later, we tried to discriminate the remaining samples using micro-Raman Spectroscopy, observing the presence or absence of moganite, but it was not effective for this purpose. However, this method added other characteristics that differentiate samples from La Serra Llarga Fm (Bellmunt d'Urgell outcrop) of Type 1-2, macroscopically very similar.

The X-ray Diffraction provided the Crystallinity Index of the samples, as well as some hints from the original host rocks from which could have been extracted some of the archaeological samples. But we must not forget that due to the limited number of samples it has not been possible to do a statistically significant conclusion drawn about the origin of raw materials, while it is true that all data extracted is going to characterize the samples more accurately.

As research progressed, other adjacent formations were discarded -both facies of Muschelkalk Fm, Valdeperes Fm, Pira Fm and Blancafort Fm- whose reasons for its non-exploitation were a combination between intrinsic motives to their geological characteristics - like low quality - as paleoculturales reasons - ineffective exploitation.

The area directly related to the acquisition and supply of raw materials of l'Hort of the Boquera was defined: The Ulldemolins Complex and up to seven different outcrops (gypsum levels from A to G). We decided to go a step further trying to discriminate these levels with each other and find out if there was a/an outcrop/s most exploited than other /s.

For this purpose we experimented with geochemical techniques applying the LA-ICP-MS to samples. The application of this kind of analysis is fully justified because of the high degree of homogeneity of samples. We are aware that the study here exposed was only a first approximation to the great potential that this technique can offer, almost certainly in the future.

Chapter 8.3.4, dedicated to analysis by LA-ICP-MS, shown results that relate three archaeological samples with all outcrops analyzed (seven levels of gypsum) showing that the geochemical spectrum is very similar. It seems, according to this statement, that the people of l'Hort de la Boquera knew and exploited all gypsum levels from Ulldemolins Complex. Three other archaeological samples have the same geochemical spectrum as three outcrops of the Complex, Ulldemolins C, Albarca (D) and Mas Monges (F), so it can be deduced that maybe they could have a special predilection catching the raw material in these three outcrops instead the others. The last three archaeological samples could not be geochemically related to any outcrop so far, perhaps we should think that there were more outcrops in the complex unknown until now, maybe because its full exploitation.

We can not conclude this section without re-emphasize the small volume of analyzed samples, so data must be handled with caution until we could increase the number of studied samples just to see if a trend is adopted, because we are convinced that it could be the beginning of an interesting hypothesis.

On the other hand, in relation to the approximately 5% of different flint recovered in l'Hort de la Boquera, Type 2 and Type 3 as well as their possible geological counterparts, the samples were first discriminated by classical methods already mentioned, although they were also analyzed with some complementary methods leading interesting results.

In the case of Type 2, related to Torrente de Cinca- Alcolea de Cinca Unit, which is represented by two outcrops -Ballobar and La Fatarella-, we demonstrated by MEB (see chap. 8.3.1) that Fatarella did not correspond to same source as Type 2, thus circumscribing the investigation.

It was possible to deduce by micro-Raman analysis that the Type 3 samples and the Serra Llarga Fm - Algerri- sample were the only ones who had plenty of fluorescence, contributing the research with this similarity.

In addition, these complementary techniques have added mineral phases, textures and micropaleontological elements to the previous descriptions to Type 2 and Type 3, providing them a unique personality.

The case of complementary analytics in the archaeopetrological study of La Roureda has deferred from the previous case. As explained above, the archaeological samples from this rockshelter have a high degree of heterogeneity and peculiar characteristics, providing them an early discrimination through basic techniques. Having the opportunity to use some additional mineralogical techniques, we applied them to a small set of samples, not in order to discriminate them but to increase the database, improving the previous characterization made.

All this first-hand experience has helped us to understand not only the range of monetary cost involved (quite high in some cases), but also also the "human" cost (need for specialized staff with great knowledge) and time spent (need to employ a large number of hours for the interpretation of results).

This exercise should help us to be able, in subsequent archaeopetrological studies, to understand, take stock and decide what level of analysis is necessary to achieve the purposes of any investigation related to the origin of lithic raw materials.

In conclusion, the overall assessment of the use of these complementary techniques has resulted in a positive balance, because it has helped defining the research, learning to prioritize data and developing some very valuable skills that should be applied in all research of this kind.

### 9.1.2 Influence areas and lithic raw material procurement in L'Hort de la Boquera rockshelter (Margalef de Montsant, Tarragona). Knowledge, use and exploitation of L'Hort de la Boquera territory

The study of siliceous lithic raw materials from L'Hort of Boquera rockshelter consisted of the archaeopetrological analysis at different levels of 24.108 remains, 976 retouched tools and 269 cores and core fragments recovered from the level II of the site.

Parallel to this work, intensive geological surveys within a concentric radius of 85 km, have led to the discovery of 27 outcrops of siliceous material, susceptible of being exploited in prehistoric times by the rockshelter community.

We have differentiated a total of 3 types and 4 varieties of flint for L'Hort de la Boquera site, whose macroscopic characteristics briefly recall.

**Type 1:** type of evaporitic origin that has two varieties, Type 1-1 and Type 1-2. The first variety, Type 1-1, is versicolour, described as: crystalline textured, generally patinated and with very abundant presence of impurities or other elements (metal oxides, gypsum lenticules, etc.). The second variety, Type 1-2 has an intense garnet colour, described as: crystalline textured, very fine grain and high quality without impurities. Type 1 and its two varieties are related to the following seven primary outcrops, being of regional character (approx. 20 km to rockshelter) and their exploitation is recurrent.

- Ulldemolins Complex. The category of raw material is autochthonous for all outcrops.

- 1) Gypsum level A - Ulldemolins A
- 2) Gypsum level B - Ulldemolins B
- 3) Gypsum level - Ulldemolins C
- 4) Gypsum level D - Entrada de Albarca
- 5) Gypsum level E- Albarca Cantera
- 6) Gypsum level F - Mas de les Monges
- 7) Gypsum level G - Cornudella

Why the human communities of l'Hort de la Boquera exploited Uldemollins complex and not other closer formations?

L'Hort de la Boquera rockshelter is located in a very rich region in siliceous material. It has been shown through intense fieldwork, within 20 km, the rockshelter has more than 20 outcrops of siliceous material.

The closest outcrops to the site (8 km) are located in Cabacés (Montsant Fm), which are up to 4 different outcrops. Precisely this material is widely dispersed, rare and located in a conglomeratic formation, so the extraction is very hard without the right tools. Another nearby Fm providing flint is corresponding to the two facies of Muschelkalk (lower and upper) located about 18-19 km from the site. We are ahead of the same problems, a very hard host rock (limestones and dolomites), low abundance and still will add another factor against: flint provided is even poorer in quality, because it is cracked and has abundant quartz veins, not useful for manufacture lithic stone tools.

Morera del Montsant Fm, limestone including flint nodules, is also very near to the rockshelter and very close to an exploited outcrop (Cornudella - level of gypsum G) from the Uldemollins Complex . We think that the reasons for the non-exploitation of that outcrop were a very hard host rock and raw material not suitable for lithic reduction.

On the other hand, we could think that the outcrops formed by the Valdeperes Fm, Pira Fm and Blancafort Fm were also known by the inhabitants of l'Hort de la Boquera but were not exploited by an overriding reason, the ratio profit / spent energy was not efficient: the macroscopic textural characteristics of these outcrops saved extraordinary similarity with those from Uldemollins Complex, but its considerable distance to the rockshelter would not be corresponded by other positive factors.

The conclusion to be drawn about this is that despite the multiplicity and availability of flint outcrops, most of them provide an evaporitic medium-low quality type of flint. So we could think that the prehistoric human groups, with a very good knowledge of the territory, were not looking for a higher quality siliceous type of flint, but an abundant and easy siliceous material to extract seeking to spend time more effectively.

Analytical evidence shows that the inhabitants from the site were supplied primarily and repeatedly with Uldemollins Complex flint, abundant and very easy to remove compared to the other varieties mentioned above. As we advance in the chap. 8.1, we can not affirm that they

obtained supplies directly from the host rocks of this complex, but also could caught the nodules directly from the Montsant riverbed, located just at 100 meters from the rockshelter. Thus, we could argue two different behaviors of capturing the raw material: from the primary outcrops, then talking about a regional supply and / or directly from secondary outcrop - the bed of the river, then talking about a local supply (Higgs *et al.* 1979).

This pattern of behavior is defended by various authors (Binford 1982; Turq 1989; Geneste 1992 and Féblot-Augustins 1999) where as explained above remarks that almost all material recovered from an archaeological site comes from no farther away than 20 km.

**Type 2:** lacustrine type described as *Wackestone-Packstone* textured, rich in Charophyte remains and a characteristic striping / laminated microstructure. This type is related to the following two primary outcrops of extra-regional character (approx 75 km from the rockshelter) and their exploitation is punctual or rare:

- Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca Unit. The category of raw material for the two outcrops is allochthonous.

1) Ballobar

2) Puente de Candanos

**Type 3:** lacustrine type described as *Wackestone* textured with isolated carbonated remains. This type is related to the following two primary outcrops of extra-regional character (approx 75 km from the coat) and their type of exploitation is punctual/rare:

- La Serra Llarga Fm. The category of raw material for the two outcrops is allochthonous.

1) Algerri

2) Castelló de Farfanya

Raw materials natural transport or contacts and exchanges between human communities? Less than 5% of the totallity of recovered flint in l'Hort de la Boquera corresponds to these two types, let's see what are the possible hypothesis .

It is known that the riverbeds and terraces are an excellent secondary location point - and immediate - to capture siliceous raw materials from various sources. The lack of cortex fragments from the analysis of types 2 and 3 could be explained by the erosion of the river transport suffered by the nodules. The advantages of direct uptake from these deposits are

diverse:

- Eliminate the difficulty in extracting raw material (very compact host rocks, for example flint from La Serra llarga Fm)
- Facilitate the supply of different types of raw materials (as well as different varieties of flint) from remote or very remote places from the site.

Involved river networks are the following:

**Type 2**, located in two outcrops -Ballobar and Puente de Candanos (Huesca) - belonging to Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca Unit, could have been transported as nodules by Alcanadre River to Cinca River, later to Segre River and finally ending its movement in Ebro River.

On the other hand, **Type 3**, located in two outcrops- Algerri and Castelló de Farfanya-, belonging to La Serra Llargu Fm, could have been transported as nodules by Segre River until the Ebro riverbed.

As explained above, in an old river Ebro terrace, located in the current population of Flix (30 km to the site) flint nodules of different types were documented. In this case, a pair of flint nodules, *Mudstone* textured, gray and very fine grained, with no correspondence with any local flint recovered. The erosion of materials located in the upper reaches of river can cause even a subsequent displacement of hundreds of km from its original primary position.

Another plausible hypothesis could be considered such as the exchange of lithic raw materials by different human groups settled in different areas of prehistoric communities. Contacts between groups of hunter-gatherers are evident, as they were usually seasonal and itinerant societies moving through the territory usually chasing the sources of food and raw materials. These groups of hunter-gatherers did not live isolated but had contacts with other peer groups, producing contacts between bands (Johnson and Earl 2003). At these meetings they could exchange objects and information about the environment.

The lack of cortical remains and absence of cores means that those lithic remains only correspond with an incomplete operational chain. Perhaps a traceology study could affirm if these stone tools were used or not, giving the pieces without traces a symbolic meaning for the group and therefore added value to be exchanged. If this hypothesis is true, the statement to be

drawn is that human groups from l'Hort de la Boquera tended to have contacts, probably sporadic, with some human groups settled further north and northwest.

But it is difficult to state categorically how they got those types of flint to the site, maybe even the two hypotheses exposed are not mutually exclusive.

Let's look at a summary (table 29, fig. 322):

<b>OUTCROPS</b>	<b>FORMATION</b>	<b>DISTANCE (km) /EXPLOITATION RADIUM</b>	<b>TYPE OF OUTCROP</b>	<b>TYPE OF FLINT/ CATEGORY</b>	<b>EXPLOITATION</b>
Cabacés I	Montsant Fm	8	Primary	-	
Cabacés II	Montsant Fm	10	Primary	-	
Cabacés III	Montsant Fm	12	Primary	-	
Albarca Conglomerat	Montsant Fm	24	Primary	-	
Gypsum Level A - Ulldemolins A	Ulldemolins Complex	19 - Local	Primary	Type 1- Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level B- Ulldemolins B	Ulldemolins Complex	20 - Local -Regional	Primary	Type 1- Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level C - Ulldemolins C	Ulldemolins Complex	22- Local -Regional	Primary	Type 1-Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level D - Entrada de Albarca	Ulldemolins Complex	23- Local -Regional	Primary	Type 1-Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level E- Albarca Cantera	Ulldemolins Complex	24- Local -Regional	Primary	Type 1-Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level F - Mas de les Monges	Ulldemolins Complex	25- Local -Regional	Primary	Type 1-Autochthonous	Recurrent
Gypsum Level G - Cornudella	Ulldemolins Complex	31- Local -Regional	Primary	Type 1-Autochthonous	Recurrent
Morera del Montsant	Morera del Montsant Fm	28	Primary	-	-
Liditas de Poboleda	Carboniferous	29	Primary	-	-
Lower Muschelkalk	Muschelkalk	19	Primary	-	-
Upper Muschelkalk	Muschelkalk	51	Primary	-	-
Vilaverd	Valdeperes Fm	56	Primary	-	-
Lilla	Valdeperes Fm	56	Primary	-	-
Pira	Pira Fm	54	Primary	-	-
Els Prats	Pira Fm	57	Primary	-	-
Sarral	Pira Fm	58	Primary	-	-
Blancafort	Blancafort Fm	58	Primary	-	-
Ballobar	Torrente de Cinca Unit	72- Extraregional	Primary	Type 2- allochthonous	Rare
La Fatarella	Torrente de Cinca Unit	38	Primary	-	-
Algerri	La Serra Llarga Fm	73- Extraregional	Primary	Type 3- allochthonous	Rare
Castelló de Farfanya	La Serra Llarga Fm	75	Primary	Type 3- allochthonous	Rare
Bellmunt d'Urgell	La Serra Llarga Fm	72	Primary	-	-
Ebro Terraces	Quaternary	30- Regional	Secondary	Tipo 2, Tipo 3- allochthonous	Rare
Montsant riverbed	Quaternary	100 m- Local	Secondary	Tipo 1- allochthonous	Recurrent

Table 29. Outcrops summary. Exploited and non exploited outcrops in relation with the procurement of lithic raw materials from l'Hort de la Boquera rockshelter.

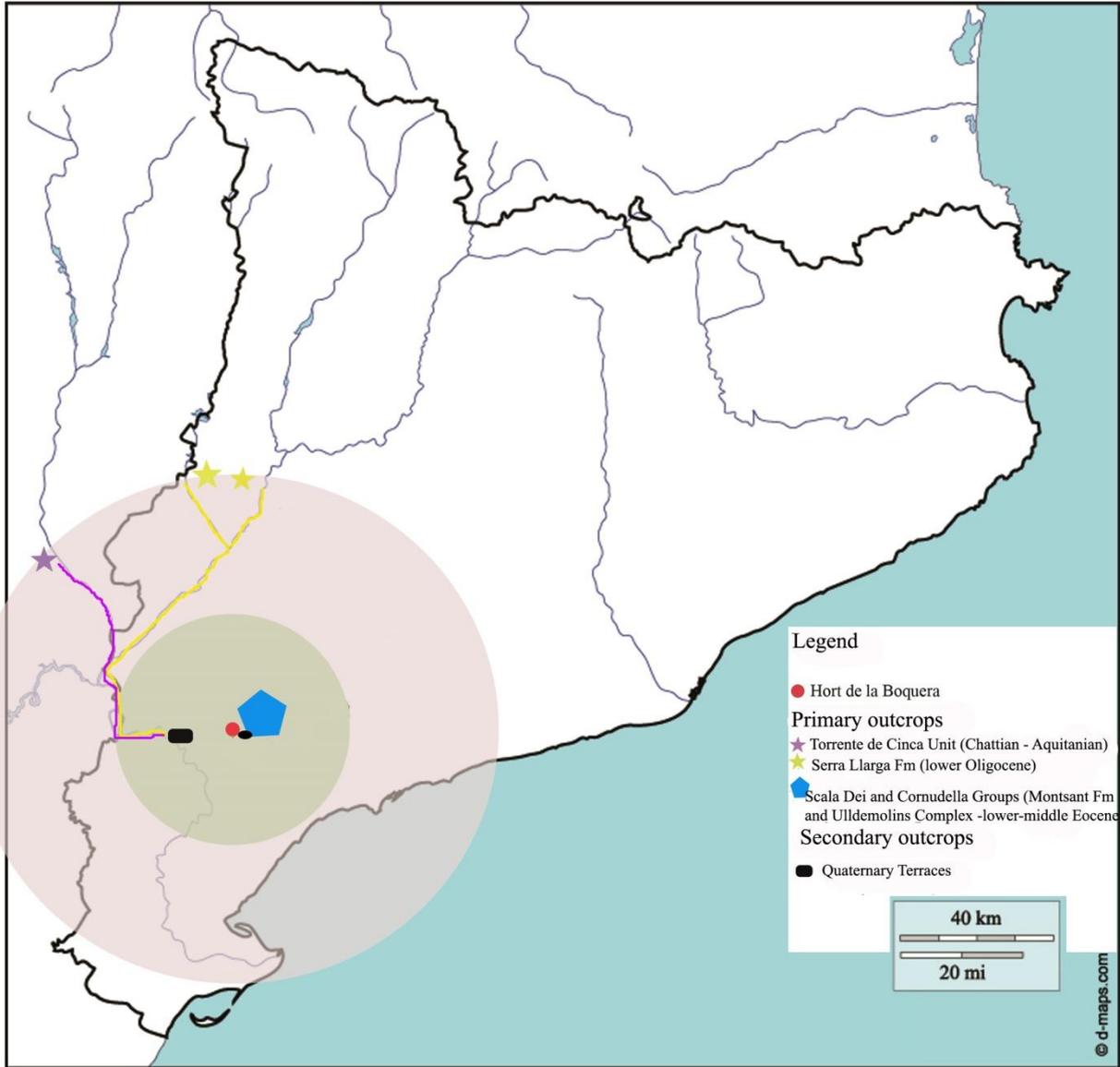


Fig. 322. Location map with concentric radii (20 and 40 km) including primary and secondary outcrops in relation with l'Hort de la Boquera rockshelter as well as rivers and tributaries explaining the hypothetical fluvial transport of siliceous pebbles (Type 2 – purple; Type 3 – yellow).

### 9.1.3 Influence areas and lithic raw material procurement in La Roureda rockshelter (Vilafranca, Els Ports, Castelló). Knowledge, use and exploitation of La Roureda rockshelter territory

The study of siliceous lithic raw materials from La Roureda rockshelter consisted of the archaeopetrological analysis at different levels of 2.753 remains, 286 retouched tools and 20 cores and core fragments recovered from the level II of the site.

Parallel to this work, intensive geological surveys within a concentric radius of 100 km, have led to the discovery of 9 outcrops of siliceous material, susceptible of being exploited in prehistoric times by the community of the rockshelter.

We have differentiated a total of 4 types and 5 varieties of flint for La Roureda site, whose macroscopic characteristics briefly recall.

**Type A:** type from brackish / lacustrine origin which has two varieties, Type A-I and Type A-II. The first variety, Type A-I, black coloured, described as: *Mudstone* textured with isolated traces of Charophyte algae. The second variety, Type A-II, blond coloured, described as: *Mudstone* textured with isolated traces of Charophyte algae. This type is related to the following three outcrops<sup>29</sup>, of local-regional and extra-regional character and their type of exploitation is recurrent (except for Mas del Pinar, which is unknown):

- Mas del Pinar (anthropised secondary outcrop). Located at 5 km from the site. The category of raw material for the outcrop is autochthonous.
- Fortanete syncline (Limestone and marl levels from Maastrichtian - Paleocene). Located at 22 km from the site. The category of raw material for the outcrop is autochthonous.
- Font de la Salut (Conglomerates Fm from Eocene - Oligocene). Located at 45 km from the site. The category of raw material for the outcrop is allochthonous.

**Type B:** type from brackish / lacustrine origin described as bioclastic *Wackestone-Packstone* textured with abundant Charophyte algae fragments and also original carbonate remains. This type is related to the following outcrop, of local character and moderately recurrent type of exploitation.

---

<sup>29</sup> We have to discard "Mas del Pinar" secondary outcrop because it is not possible to extrapolate their current characteristics to the final period of Palaeolithic.

- Pista de la Estrella - Mas Quinyó (Dolomites, limestone and marly dolomites from Turonian Fm). Located 10 km from the site. The category of raw material is autochthonous.

With all this data we can say that the types A-I, A-II and B may be related to the three primary siliceous outcrops closest to the site (Pista de la Estrella, Fortanete syncline and Font de la Salut) covering a 45 km radius, which could be exploited directly and regularly; they knew very well the outcrop points and could trace back formations until the raw material has been used up.

**Type C:** This type is probably from continental origin, described as crystalline textured, without clasts and very homogeneous. At this moment, this type is not related to any outcrop and its type of exploitation is rare. Its category is unknown.

So far we have not been able to link the Type C with any geological outcrop and only have an information found about a type of white flint, calcedonious, fine-grained and good quality (Val 1977; Fernández López de Pablo *et al.* 2005) found in some Eneolithic lithic surface workshops as well as two Neolithic caves in the area, so we suspect it could be the same variety that has been recovered in La Roureda. So far we have no further information relating to the finding of the same type of flint in synchronous archaeological sites so the research should be continued.

**D Type:** marine origin type that has been described as: bioclastic *Packstone* textured with very abundant micropaleontological remains. This type is related to the following outcrops, from local to extraregional character and moderately to rare exploitation.

- Montlleó riverbed (Quaternary alluvium Fm). Located 5 km from the site. The category of raw material is autochthonous.

- Guadalope riverbed (Quaternary alluvium Fm). Located at 62 km from the site. The category of raw material is allochthonous.

The archaeopetrologic analysis relate the Type D with at least two secondary outcrops located in two different riverbeds. On the one hand, it is documented the discovery and recovery of dark flint nodules in the bed of the Montlleó river, about 5 km from the site. Humans could visit it for their water supply and hunting or fishing, observing that the river had siliceous raw material, nodules that may have traveled tens or even hundreds of kilometers, pulled out from their host rock by natural weathering processes, drag and subsequent transport by water, which would be collected in an very easy way.

Another hypothesis could be that these nodules correspond to those found in the Guadalope riverbed, located 62 km. Because of the great distance between this second outcrop we could think better of a form of indirect supply or exchange, caused by hypothetical contacts that could keep communities of La Roureda with other prehistoric communities in the Aragon region. We have not enough comparative studies of both raw materials yet so we couldn't affirm those previous hypothesis; the only true evidence is that Type D was a moderately exploited kind of flint.

A final information (Román, pers. Comm.) is that in another riverbed, the Cellumbres River, at 3 km away from the site, provides also a kind of dark flint nodules. The latter river runs just 100 meters from the site, so it is easy to think that the siliceous nodules could reach the same point or maybe the people followed the river in search of that raw material that was caught by direct surface collection. We insist that we have not analyzed yet any nodule from this river, but we think it would be very interesting to be able to perform it in the future.

Let's look at a summary (table 30, fig. 323):

<b>OUTCROP</b>	<b>FORMATION</b>	<b>DISTANCE (km)/ EXPLOITATION RADIUM</b>	<b>TYPE OF OUTCROP</b>	<b>TYPE OF FLINT/ CATEGORY</b>	<b>EXPLOITATION</b>
Mas del Pinar	Anthropic	5 - Local	Secondary	Type A - Autochthonous	¿?
Pista de la estrella- Mas del Quinyó	Turonien Dolomites, dolomitic marl and limestone	10 - Local	Primary	Type B - Autochthonous	Moderately recurrent
Fortanete syncline	Maastrichtian – Palaeocene Limestone and marl levels	22 - Regional	Primary	Type A - Autochthonous	Recurrent
Font de la Salut	Eocene – Oligocene Conglomerates Fm	45 - Extraregional	Primary	Type A - Allochthonous	Recurrent
Fondespatla	Matarraña - Guadalope Group tertiary carbonates	68	Primary	-	-
Chelva	Chelva Fm	75	Primary	-	-
Valverde	Camarena Fm	87	Primary	-	-
Montlleó riverbed	Quaternary	5 - Local	Secondary	Type D - Autochthonous	Moderately recurrent to rare
Guadalope riverbed	Quaternary	62 - Extraregional	Secondary	Type D - Allochthonous	Moderately recurrent to rare

Table 30. Outcrops summary. Exploited and non exploited outcrops in relation with the procurement of lithic raw materials from La Roureda rockshelter.

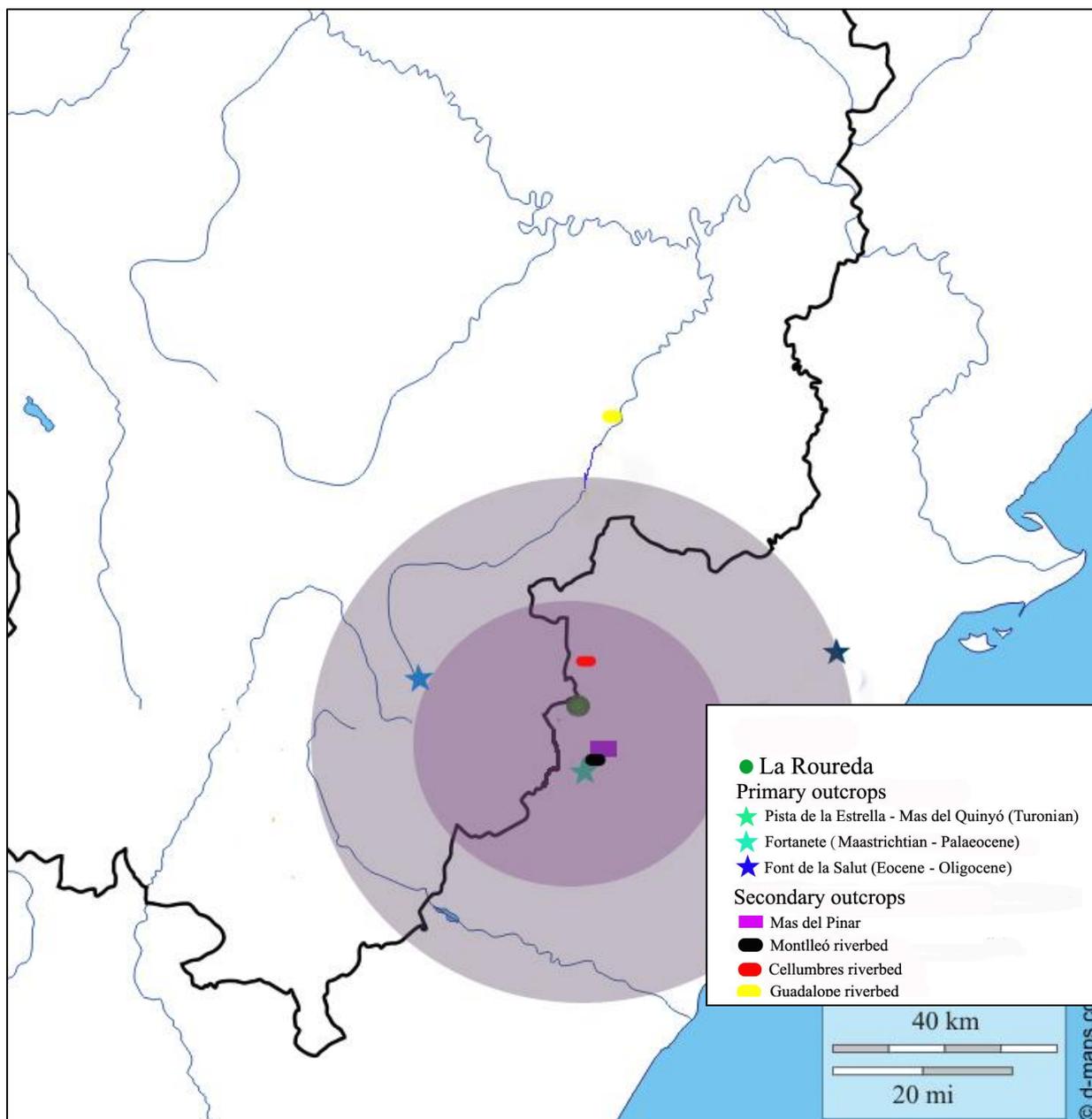


Fig. 323. Location map with concentric radii (20 and 40 km) including primary and secondary outcrops in relation with La Roureda rockshelter where siliceous material has been documented.

#### 9.1.4 Final conclusions

We have tried to explain the use of the territory by the inhabitants of l'Hort de la Boquera and La Roureda rockshelters and the interpretation on the management of the available resources, and we have realized that both human groups developed different and adapted exploitation systems to their own environment. It seems that the human groups from l'Hort de la Boquera developed a tendency and moved into a local action radius thanks to the unique environment, wealth of siliceous material in the area and with a very high number of siliceous outcrop per km<sup>2</sup>. However, it could be noted that in a punctual manner the tendency was to move, making expeditions to the northwest, in which process is common to contact with other human groups and maybe exchanging other kind of siliceous materials.

The Roureda rockshelter is located in a relatively poor region in siliceous material. Checking by fieldwork, it has been found only 2 primary outcrops of siliceous material in within 20 km. This may be due to three reasons, first, the limited geological information on siliceous outcrops, which can show either the non existence of flint outcrops or their small dimensions (dispersed nodules) so geologists did not have them into account when mapping the area; the second reason is the human and temporal limitations when discovering the area on foot, and finally, we must consider that perhaps part of the siliceous outcrops that existed during prehistoric times were exploited until total exhaustion.

However, we know that the inhabitants of la Roureda exploited locally the Pista de la Estrella-Mas Quinyó outcrop. It is an unequal outcrop which its points of extraction could be far apart from each other and do not follow a predictable pattern for human groups.

In the territorial analysis of hunter-gatherers we have seen a mostly east-west pattern of mobility, because the strategy was, perhaps, to go following an east-west continuity rich layer of flint. Another factor to consider is that humans could have avoided the very steep terrain in some areas.

Another hypothesis is that hunter-gatherers from La Roureda were aware of the lack of local siliceous raw material and had tendency to explore the Aragonese territory, richer in that kind of raw materials, and they could have obtained other minority chert also found in the rockshelter, not by direct uptake but through contact and interaction with other communities.

However, we must take into account that it is very difficult to know exactly which outcrops - especially secondary ones- were exploited, not forgetting that the way to exploit a territory in Prehistory is also a cultural issue (Carrillo 2011).

This main difference observed between both archaeological sites, l'Hort de la Boquera and The Roureda rockshelters, might be caused with security by uneven natural abundance and location of lithic resources, causing a different survival behaviors that made human groups should be adapted to the particular needs and circumstances of the environment (fig. 324).

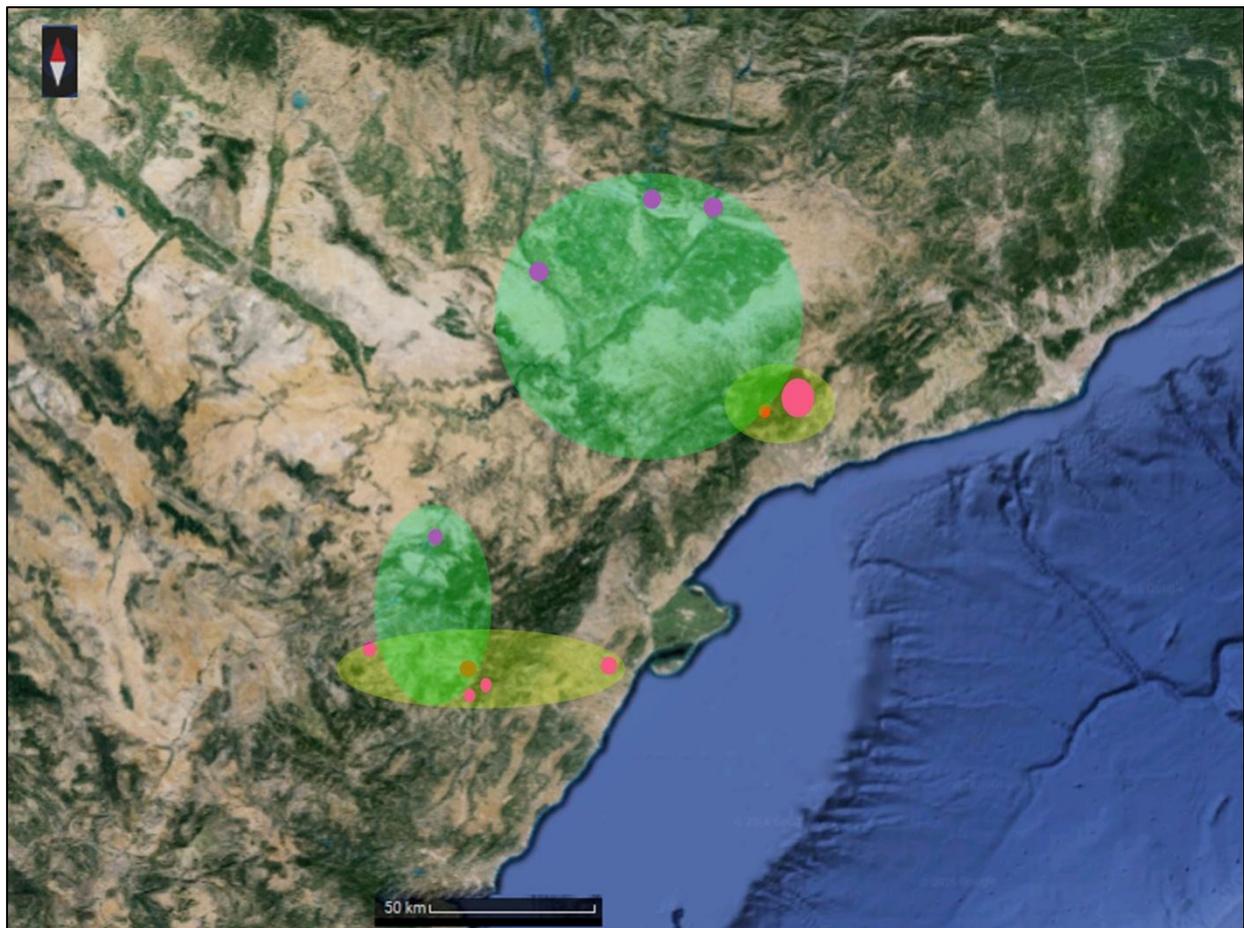


Fig. 324. Potential areas and mobility radiums from main outcrops in relation with their raw materials procurement – therefore direct cathment from the outcrop (yellow areas) as hypothetical exchanging (green areas) – from both sites.

The data presented here show that both prehistoric communities had great independence and self-sufficiency in addition of a large knowledge at territorial level and also an accurate

exploitation system of mineral resources, allowing both groups to successfully survive in their respective environment.

## **9.2 Future lines**

This thesis has left some points not resolved entirely. The geochemical analysis from the archaeopetrological study related to l'Hort de la Boquera samples is one of the cases that have not been completed.

The addition of geochemical techniques and analysis of chemical elements to archaeopetrological method, the research of the origin of siliceous raw materials in Prehistory has meant a step forward. Unlike macroscopic techniques, that still have a high degree of subjectivity in its results, the geochemical techniques and especially the LA-ICP-MS generate objective, playable, quantifiable and representative data, helping us to understand the previous mineralogical analysis.

In this research we have presented some of the preliminary results of the first geochemical analysis applied to the archaeopetrological study of the Montsant Valley. Although the planned geochemical analysis have been completed, the results presented here can be reinterpreted in a future, because it is only through trial and error that science can advance. On the other hand, we strongly believe that geochemistry is a solid tool to resolve some uncertainties about the origin of raw materials.

In addition to this first objective focused on the Montsant Valley area, we intend to interpretate the analysis already performed for the samples related to Types 2 and 3 by comparing 4 geological samples -2 geological samples from La Serra Llarga Fm (Castelló de Farfanya and Algerri) and 1 sample from Torrente de Cinca - Alcolea de Cinca Unit (Ballobar) -, 2 samples of Type 2 ("HB12-E7-404" and "HB09-G6-3662") and 1 sample of Type 3 ("HB10-G8-49").

The main interest to apply geochemical techniques is clear, but we have to note that its use must be fully justified. The high monetary cost and the knowledge that should be applied in the whole process make the geochemical techniques a very significant investment of resources and capabilities, so its application should be carefully evaluated by researchers.

We have also initiated some issues not completed yet for La Roureda research. First, human limitations have marked the boundaries of fieldwork, which is expected to expand

in the near future, conducting a comprehensive survey of the territory, focusing particularly on secondary sources of raw materials (Montlleó riverbed, Cellumbres riverbed), the most accessible sources from the rockshelter but also the most unknown.

An exhaustive Charophyte algae comparison study would be necessary for the purpose of discover further potential primary sources of raw materials and will provide a guide for searching new geological outcrops in the area.

It is important to focus on the study of the origin of the two varieties Type C and Type D, which have provided uncertain results. In the case of Type C, we only found a couple of references in some nearby archaeological sites of an apparently very similar flint, although from later chronology (Val 1977 and Fernández López de Pablo *et al.* 2005). Research should begin with a first study of the raw materials of these sites to verify that this is the same type of flint. From now on, we could take up the geological surveys in order to find its primary source beginning the fieldwork in the vicinity of these sites.

Finally, in the case of Type D, we should continue the search for nodules in natural places like the riverbeds of Montlleó and Cellumbres Rivers, where flint nodules have been documented as well as the multiple known adjacent dry riverbeds (Rambla Carbonera, Rambla de la Viuda, Rambla de les Truites...) (fig. 325).



Fig. 325. Geological survey looking for siliceous pebbles in Carbonera dry riverbed (Castelló), May '15. Author: Jordi Casadellà.

It is a good opportunity to join the study with the group of researchers in raw materials from Aragonese territory (University of Zaragoza) (fig. 326) and to analyze and interpretate how far could the prehistoric people had contact and interaction between communities through these studies of provenance of lithic raw materials.



Fig. 326. Siliceous nodules from Guadalupe River. Geological surveys, May '15. Courtesy of Luis Miguel García Simón, PhD researcher from Universidad de Zaragoza.



## 10. BIBLIOGRAFÍA

ALBERT, R. M., y WEINER, S. 2001, Study of phytoliths in prehistoric ash layers using a quantitative approach en J. D. MEUNIER y F. COLIN (Eds.), *Phytolith: applications in Earth Sciences and human History*, 251-266.

ALFONSO, P., CANET, C., MELGAREJO, J. C., MATA-PERELLÓ, J.M. y FALLICK, A. E., 2012, Stable isotop geochemistry of the Ulldemolins Pz-Zn-Cu deposit (SW Catalanian Coastal Range), *Geologica Acta*, 10 (2), 145-157.

ALLUÉ, E. 2009, “Estudios antracológicos en la vertiente sur del Pirineo y áreas circundantes durante el Tardiglaciario. Una aproximación de la arqueobotánica al conocimiento del medio vegetal y su aprovechamiento”. En J. M. FULLOLA PERICOT, N. VALDEYRON Y M. LANGLAIS (eds.): *Els Pirineus i les àrees circumdants durant el Tardiglaciario. Mutacions i filiacions tecnoculturals, evolució paleoambiental (16000-10000 BP, XIV Col·loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà*, Puigcerdà, 163-181.

ALLUÉ, E., MARTÍNEZ-MORENO, J.; ALONSO, N. y MORA. R., 2012, Changes in the vegetation and human management of forest resources in mountain ecosystems at the beginning of MIS 1 (14,7-8 ka cal BP) in Balma Guilanyà (South-Eastern Pyrenees, Spain), *Comptes Rendus Palevol*, 11, 507-518.

ANDREEVA, P., STEFANOVA, E. y GUROVA, M., 2014, Chert raw materials and artefacts from NE Bulgaria: A combined petrographic and LA-ICP-MS study, *Journal of lithic Studies*, 1, n. 2, 25-45.

ARASA GIL, F. 1977, Estudio arqueológico de Vilafranca del Cid (Castellón), *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonenses*, 4, 243- 269.

ARASA GIL, F, 1982, Arqueologia del terme municipal de Vilafranca, *Boletín de amigos de Morella y su comarca 1979-1982*, 14-26.

ARASA TULIESA, A., 2011, *Les roques dels Ports*, ed. Grup de Recerca Científica Terres de l'Ebre, 4, Tortosa, 312 p.

ARRIORTUA, M, I., ELORZA, L. y AMIGO, J. M., 1984, Índices de cristalinidad y volumen de celda unidad de algunos cuarzos diagenéticos presentes en la cueva Vasco- Cantábrica, *I Congreso Español de Geología II*, 217-226.

AUBRY, T., 2005, Étude de l'approvisionnement en matières premières d'ensembles archéologiques. Remarques méthodologiques et terminologiques. Comportements des hommes du Paléolithique moyen et Supérieur en Europe. Territoires et milieux en VIALOU, J., RENAULT-MISKOVSKY, J., Y PATOU-MATHIS, M., J.,(Dir.), *Actes du Colloque du G.D.R. 1945 du CNRS, Paris, 8-10 janvier, 2003, Liege, Eraul*, 111, 87-99.

AUBRY, T., NEVES, M. J., ALMEIDA, M. y MANGADO, J., 2008, Modalidades de aprovisionamiento em matérias-primas líticas no Baixo Mondego durante o holocénico: dados novos e revisão de séries arqueológicas, en HERNÁNDEZ PÉREZ, M.S., SOLER DÍAZ, J. A., y JUAN ANTONIO LÓPEZ PADILLA (Coords.), *IV Congreso del Neolítico Peninsular: 27-30 de noviembre de 2006*, v.2, 258-265.

AUBRY, T., LUIS, L., MANGADO, J. y MATIAS, H., 2012, We will know by the tracks we leave behind: exotic lithic raw materials, mobility, and social networking among the Côa Valley foragers (Portugal), *Journal of Anthropological Archaeology*, 31, 528-550.

BARTROLÍ, R., BERGADÀ, M.M., 1990, *Memòria d'excavació arqueològica del taller de superfície de l'Hort de la Boquera (Margalef de Montsant, Priorat)*, Dept. de Cultura i Mitjans de Comunicació de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 88 p.

BEL, M. Á., VILLAVERDE, V. y ROMÁN, D., 2015, Aproximación al uso del espacio durante el Magdaleniense superior de la Cova de Les Cendres (Teulada-Moraira, Alicante), *Recerques del Museu d'Alcoi*, 24, 21-36.

BERGADÀ, M. M., 1993, Aproximación experimental a la actividad postdeposicional de los lumbrícidos sobre los niveles arqueológicos, *IV Coloquio de Arqueología Espacial Procesos Postdeposicionales*, Teruel, 363-369.

BERGADÀ, M. M., 1998, *Estudio geoarqueológico de los asentamientos prehistóricos del Pleistoceno Superior y el Holoceno inicial en Catalunya*. British Archaeological Reports, International Series 742, Archeopress, Oxford.

BERGADÀ, M. M., CERVELLÓ, J. M. y SERRAT, D., 1997, Karst in conglomerates in Catalonia (Spain): morphological forms and sedimentary sequence types recorded on archaeological sites, *Quaternaire* 8 (2-3), 267-277.

BINFORD, L.R. 1978, *Nunamiut Ethnoarchaeology*, Academic Press, New York, 509 p.

BINFORD, L. R., 1980, Willow Smoke and Dogs' Tails: Hunter-Gatherer Settlement Systems and Archaeological Site Formation, *American Antiquity*, 45 (1), 4-20.

BINFORD, L.R. 1982, The Archaeology of place, *Journal of Anthropological Research*, 1(1), 5-31.

BINFORD, L.R., 1983, Long-term Land-use Patterning: Working at Archaeology, *New York Academic press*, 379-386.

BIRÓ, K. y DOBOSI, V.,1991, *LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum*, , Hungarian National Museum, Budapest, 268 p.

BIRÓ, K.; DOBOSI V. y SCHLÉDER, Z.S., 2000, *LITOTHECA - Comparative Raw Material Collection of the Hungarian National Museum (v. II)*., Hungarian National Museum, Budapest, 320 p.

BIRÓ, K.T. 2011, Comparative raw material collections in support of petroarchaeological studies: an overview en BIRÓ, K.T. y MARKÓ, A. (Eds.), *Papers in honour of Viola T. Dobosi*, Hungarian National Museum, Budapest 225-244.

BLATT, H., MIDDLETON, G. y MURRAY, R., 1980, *Origin of sedimentary rocks*, Englewood Cliffs: Prentice Hall, New Jersey, 782 p.

BONATTI, E., FISCHER, D. E., JOENSSU, O. y RYDELL, H. S., 1971, Postdepositional mobility of some transition elements, phosphorus, uranium and thorium in deep sea sediments, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 35, 189 - 201.

BONSALL, C., GUROVA, M., HAYWARD, C., CHAVDAR, N. y PEARCE, N., 2010, Characterization of 'Balkan flint' artefacts from Bulgaria and the iron gates using LA-ICP MS and EPMA en *Интердисциплинарни изследвания (Interdisciplinary Studies)*, 22, 9-18.

BRESSY, C., 2002, *Caracterisation et gestion du silex des sites mesolithiques et neolithiques du nord-ouest de l'arc alpin une approche pétrographique et géochimique*, Tesis doctoral inédita, Universidad Aix-Marseille I - Universidad de Provence, 296 p.

BULL, P. A., 1983, Procedures in environmental reconstruction by SEM analysis, en SIEVEKING, G. DE G., HARD, M.B., 1986, *The scientific study of flint and chert*,

*proceedings of the fourth international flynt symposium held at Brighton Polytechnic, 10-15 april 1983, Cambridge, Cambridge University Press, 221-225.*

BUSH, P. R., SIEVEKING, G. De G., 1983, Geochemistry and the provenance of flint axes, en SIEVEKING, G. DE G., HARD, M.B., *The scientific study of flint and chert, proceedings of the fourth international flint symposium held at Brighton Polytechnic, 10-15 april 1983; Cambridge, Cambridge University Press, 133-139.*

BUSTILLO, M.A., 1975, *Estudio Petrológico de las rocas de la sílice de la cuenca del Tajo*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 392 p.

BUSTILLO, M. A., 1976, Texturas de las rocas silíceas inorgánicas en ambiente continental y significado genético, *Estudios de Geología*, 32, 371-383.

BUSTILLO, M. A. y LA IGLESIA, A., 1979, Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución, *Boletín Geológico y Minero* 90, fasc. 6, 86-92.

BUSTILLO, M.A. y DIAZ, M., 1980, Sílex tobáceos en el Mioceno inferior continental (provincia de Cuenca). Un ejemplo de silificaciones de paleosuelos en ambiente lago-playa, *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 78, 227-241.

BUSTILLO, M. A., 2001, Cherts with moganite in continental mg-clay deposits: an example of “false” magadí type cherts (Madrid basin, Spain), *Journal of sedimentary research*, 71, n. 3, 436-443.

BUSTILLO, M.A., 2002, Aparición y significado de la Moganita en las rocas de la Sílice: Una revisión, *Journal of Iberian Geology*, 28, 157-166.

BUSTILLO, M.A, 2010, Silicification of continental carbonates en ZARZA, A.M. & TANNER, N. H (Eds.), *Carbonates in continental settings, Geochemistry, diagenesis and application*, VAN LOON, A. J., (Ed.), *Developments in Sedimentology Series*, 62, Elsevier, Oxford, 153 – 178.

BUSTILLO, M. A., PÉREZ-JIMÉNEZ, J. L., ALONSO-ZARZA, A. M. y FURIO, M., 2012, Moganite in the Chalcedony Varieties of Continental Cherts (Miocene, Madrid Basin, Spain), *Spectroscopy Letters: An International Journal for Rapid Communication* 45(2), 109-113.

BUSTILLO, M.A., PÉREZ-JIMÉNEZ, J.L. y BUSTILLO, M., 2012, Caracterización geoquímica de rocas sedimentarias formadas por silicificación como fuentes de suministro de

utensilios líticos (Mioceno, Cuenca de Madrid), *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29, n. 1, 233-247.

BUSTILLO, M. A., PLET, C. y ALONSO-ZARZA, A. M., 2013, Root calcretes and uranium-bearing silcretes at sedimentary discontinuities in the Miocene of the Madrid basin (Toledo, Spain), *Journal of Sedimentary Research*, 83, 1130–1146.

CANEROT, J., 1980, *Le Cretace du Maestrazgo (Espagne)*, Groupe français du Cretace, Grupo español de Mesozoico, Toulouse, 67 p.

CARRILLO, R., 2011, La vida de los cazadores-recolectores en IBÁÑEZ SALAS, J. L., (Ed.), *Anatomía de la Historia*, 25 p.

CLIMENT-DOMÈNECH, H., MARTÍN-CLOSAS, C. y SALAS, R. 2009, Charophyte-rich microfacies in the Barremian of the Eastern Iberian Chain (Spain), *Facies*, 55, 387-400.

COLLDEFORNS, B., ANADÓN, P. y CABRERA, L., 1994, Litoestratigrafía del Eoceno superior-Oligoceno inferior de la zona oriental de la cuenca del Ebro. Sector Igualada-Santa Coloma de Queralt, *Geogaceta*, 15, 55-58.

COLOMBO, 1979, *Estratigrafía y sedimentología del terciario inferior continental de los Catalánides*, Tesis Doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 547 p.

COLOMBO, F., 1986, Estratigrafía y sedimentología del paleogeno continental del borde meridional occidental de los Catalánides (Provincia de Tarragona, España), *Cuadernos de Geología Ibérica*, 1, Madrid, 55-115.

COLOMBO, F., 2007, La Geología del Montsant, *III Jornades del Parc Natural de la Serra de Montsant, Del 15 al 20 d'octubre de 2007*, Dept. de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, Barcelona, 15 p.

COLOMBO, F., 2013, La geología de la Serra de Montsant: aprendre a llegir els afloraments, en *Els cursos naturalistes de la ICHN (Institució Catalana d'Historia Natural)*, *Parc Natural del Montsant, 9 i 10 de març de 2013*, Barcelona, 52 p.

DAVID, P. 1957, La Chaire-à-Calvin (commune de Mouthiers Charente), *Société Préhistorique française*, 44, n. 1-2, Paris, 31-32.

De BRUIN, M., KORTHOVEN, P. J. M, BAKELS, C.C. y GROEN, F.C.A. 1972, The use of non destructive activation analysis and pattern recognition in the study of flint artifacts, *Archeometry*, 14 (1):55-63.

De SOTO, S. y De SOTO, M. de R., 2012, Utilización de técnicas mineralógicas y geoquímicas para la caracterización de cerámicas arqueológicas, *Estrat Crític*, 6, 268-276.

DELAGE, C., 2005, *Lithotheque Inventaire 2005*, Musée d'Angoulême, Informe inédito, 48 p.

DELAGE, C., SANTALLIER, D., PLATEL, N., 2006, *Project de recherche: La Chaire-à-Calvin (Mouthiers-sur-Boëme, Charente), rapport d'activités*, Service Régional de la Archéologie d'Aquitaine, informe inédito, 96 p.

DELAGE, C. 2009. *La Chaire-à-Calvin (Mouthiers-sur-Boëme, Charente). Demande d'autorisation de nettoyage de coupe*, Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine, (inédito), 28 p.

DOCE, R., 1988, *La determinación de la procedencia de las materias primas silíceas. Un caso práctico: el estrato 4 del Filador*, Tesis de Licenciatura inédita, Universitat de Barcelona, 219 p.

DOCE, R. y ALCOBER, X., 1997, Crystallinity index of some cherts from the Ulldemolins Complex and the Montblanc Formation (Tarragona, Spain), en RAMOS, A. y BUSTILLO, M. A. (Eds.), *Siliceous Rocks and Culture, Monográfica Arte y Arqueología*, Universidad de Granada, 111-116.

DOMÈNECH, E. M., 1997, *Sistemas de producción lítica de la transición Paleolítico superior final – Epipaleolítico en la vertiente mediterránea occidental (Llenguadoc, Rosselló, Catalunya y País Valencià)*, Tesis doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 726 p.

DUBESSY, J., CAUMON, M. C., RULL, F., (Eds.), 2012a, Applications of Raman Spectrometry to Earth Sciences and Cultural Heritage, en FERRARIS, G., (Series Editor), *European Mineralogical Union Notes in Mineralogy*, v.12, European Mineralogical Union and The Mineralogical Society of Great Britain and Ireland, London, 501 p.

DUBESSY, J., CAUMON, M. C., RULL, F., y SHARMA, S., 2012b, Instrumentation in Raman spectroscopy: elementary theory and practice, *EMU Notes in Mineralogy*, v. 12 (3), 83–172.

DUMAIS, P., POIRIER, J., ROUSSEAU, G., 1987, Application de la Géomorphologie structurale á l'étude des potentiels archéologiques, *Archéologiques*, 1, Association des Archéologues du Quebec.

DUNHAM, R.J., 1962. Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Texture, en W.E. HAMM (Ed.), *Classification of Carbonate Rocks, A Symposium*, American Association of Petroleum Geologists, 108-121.

EIXEA, A., ROLDÁN, C, VILLAVERDE, V. y ZILHAO, J., 2014, Middle Palaeolithic Flint Procurement in Central Mediterranean Iberia: implications for human mobility, *Journal of Lithic Studies*, 1, 103-115.

FEBLOT-AUGUSTINS, J. 1999, La mobilité des groupes paléolithiques, *Bulletins et Mémoires de la Société d'anthropologie de Paris*, Nouvelle Série, 11(3-4), 219-260.

FÉBLOT-AUGUSTINS, J., y PARK, S.J., 2010a, Circulation des matières premières et modalités d'exploitation territoriale au Paléolithique moyen récent dans le bassin de la Charente, en CONARD, N.J., DELAGNE, A., *Settlement Dynamics of the Middle Paleolithic and Middle Stone Age*, 3, 397- 426.

FÉBLOT-AUGUSTINS, J., PARK, S.J., DELAGNES, A., 2010b, *Etat des lieux de la lithothèque du bassin de la Charente*, Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine, Informe inédito, 72 p.

FERNANDES, P., RAYNAL, J. P. 2006, Pétroarchéologie du silex: un retour aux sources, *Comptes Rendus Palevol*, 5, 829-837.

FERNÁNDEZ LÓPEZ DE PABLO, J., GUILLEM CALATAYUD, P.M., MARTÍNEZ-VALLE, R. y PÉREZ-MILLÁN, R., 2005, Nuevos datos sobre el Neolítico en el Maestrazgo: el Abric del Mas de Martí (Albocàsser, Castelló) en *Actas del III Congreso en Neolítico en la Península Ibérica*, Santander, Museo de la Valltorta-Instituto de Arte Rupestre, Castellón, 879 - 890.

GURÁREIB, A. G., CASSIODORO, A., RE, A., TÍVOLI, A. 2006, Distancia a la fuente de aprovisionamiento y variabilidad en los conjuntos líticos de la cuenca de los lagos Pueyredón, Posadas, Salitroso. Patagonia cordillera argentina en MARTÍNEZ, G; MORGADO, A.; AFONSO, J.A. (Coord.), *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio*, Fundación Ibn al-Jatib de Estudios de Cooperación Cultural, Granada, 199-214.

FLÖRKE, O. W., GRAETSCH, H., MARTIN, B., ROLLER, K. y WIRTH, R, 1991, Nomenclature of micro – and non- crystalline silica minerals, based on structure and microstructure, *Neues Jahrbuch Mineralogisches Abhandlungen*, 163 (1), 19-42.

FLÜGEL, E., 2004, *Microfacies on Carbonate Rocks. Analysis, interpretation and application*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 976 p.

FULLOLA, J. M., 1978, L'Hort de la Boquera, un nou jaciment a la vall del Montsant, *Butlletí de la Real Societat Arqueològica Tarraconense*, ep. IV, fasc. 141-144, 3-14.

FULLOLA, J.M. y GARCÍA-ARGÜELLES, M.P, 1980, Primeres notícies de les troballes relalitzades a la Cova del Filador (Margalef de Montsant) i voltants durant les darreres campanyes d'excavacions (1979-1980). L'Hort d'en Marquet, *Butlletí de la Real Societat Arqueològica Tarraconense*, ep. V, n. 2, 2-22.

FULLOLA, J.M., GARCÍA-ARGÜELLES, M.P. y NADAL, J., 1992, Els caçadors recol·lectors de l'Holocè a Catalunya, Epipaleolítics o Mesolítics en 9è *Col.loqui Internacional d'Arqueologia de Puigcerdà, Estat de la Investigació sobre el Neolític a Catalunya, 24-26 abril del 1991*, Andorra, 20-22.

FULLOLA, J.M, BERGADÀ, M.M., BURJACHS, F., GARCÍA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y SOLER, N., 1999, Le Paléolithique Supérieur méditerranéen ibérique; approches paléoenvironnementales, industrielles et artistiques, Les faciès leptolithiques du Nord-Ouest méditerranéen: milieux naturels et culturels en SACCHI D., (Dir.), *Actes del XXIV Congrès Préhistorique de France, Carcassona, setembre 1994*, ed. Société Préhistorique Française, 49-7.

FULLOLA, J. M., MANGADO, X., ESTRADA, A. y NADAL, J., 2006, Comunidades humanas y circulación de recursos, bióticos y abióticos, en el Paleolítico superior del noreste de la Península Ibérica, *Zephyrus*, 59, 89- 96.

FULLOLA, J. M., MANGADO, X., y ESTRADA, A., 2007, Circulation des matières premières lithiques et des coquillages dans le Paléolithique supérieur du Nord-Est ibérique, *La notion de mobilité dans les sociétés préhistoriques*, Éd. du CTHS, Paris 57-66.

FULLOLA, J. M.; MANGADO, X.; TEJERO, J. M.; PETIT, M. A.; BERGADÀ, M. M.; NADAL, J.; GARCÍA-ARGÜELLES, P.; BARTROLÍ, R. y MERCADAL, O. 2012, The Magdalenian in Catalonia (northeast Iberia), *Quaternary International*, 272-273, 55-77.

GARCÍA-ARGÜELLES, M., P., 1983, *Los talleres de sílex de superficie en el curso medio del río Montsant (Margalef de Montsant, Priorat)*, Tesis de Licenciatura inédita, Universitat de Barcelona, 217 p.

GARCÍA-ARGÜELLES, M., P., 1990, *Las industrias epipaleolíticas del sur de Catalunya: antecedentes, desarrollo y evolución hasta nuevas formas neolíticas*, Tesis doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 2 microfichas.

GARCÍA-ARGÜELLES, M. P. SERRAT, P. y BERGADÀ, M. M., 1993, Las terrazas del curso medio del río Montsant (Priorato, Tarragona) y su relación con los asentamientos prehistóricos, en Instituto Tecnológico y Geominero (Eds.), *El Cuaternario en España y Portugal*, 1, Asociación española para el estudio del Cuaternario, Madrid, 493-499.

GARCÍA-ARGÜELLES, P., 1994, Los pulidores de arenisca del Tardiglacial y postglacial de Europa occidental: síntesis y nuevos resultados, *Pyrenae*, 24, 35-52.

GARCIA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y FULLOLA, J.M., 1999, L'Épipaléolithique en Catalogne", L'Europe des derniers chasseurs. Épipaléolithique et Mésolithique. Peuplement et paléoenvironnement de l'Épipaléolithique et du Mésolithique, en THEVENIN A., (Ed.) y BINTZ, P. (dir.científico), *Actas del Vè Congrès International UISPP, 12<sup>a</sup> Comissió, Épipaléolithique et Mésolithique en Europe: paléoenvironnement, peuplements et systèmes culturels, Grenoble, setembre 1995*, Éd. du CTHS, section Pré et Protohistoire, Collection documents préhistoriques, 12, 79-85.

GARCIA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y FULLOLA, J.M., 2000, Vint anys d'excavacions a l'abric del Filador (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona), *Tribuna d'Arqueologia 1998-1999*, Dept. de Cultura de la Generalitat, 71-92.

GARCÍA-ARGÜELLES, P. y FULLOLA, J.M., 2002, *La Bauma de la Peixera d'Alfès (Alfès, Lleida) y la Cova del Boix (Margalef de Montsant, Tarragona) en el contexto del Paleolítico Superior del nordeste peninsular*, ed. SERP, Monografias, 3, 97 p.

GARCÍA-ARGÜELLES, P., 2004, Epipaleolithic phases in the Northeast of the Iberian Peninsula, en GONZÁLEZ MORALES, M. y CLARK, G.A. (Eds.), *Anthopological Research*

*Papers*, 55, *The Mesolithic of the Atlantic Façade: Proceedings of the Santander Symposium*, Dept. of Anthropology, Arizona State University, 111-120.

GARCIA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y FULLOLA, J.M., 2005, El Filador (Margalef de Montsant, Tarragona) y su contextualización cultural y cronológica en el nordeste peninsular, a *Trabajos de Prehistoria*, 62 (1), 65-83.

GARCIA-ARGÜELLES, P. M. y FULLOLA, J.M., 2006, La cueva del Parco (Alòs de Balaguer, LLeida) y el abrigo del Filador (Margalef de Montsant, Tarragona): dos secuencias clave para el conocimiento del Epipaleolítico en el contexto del nordeste peninsular, en ALDA Y RUÍZ, A., (Coord.), *El Mesolítico de muescas y denticulados en la cuenca del Ebro y el litoral mediterráneo peninsular*, 121-133.

GARCÍA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y FULLOLA, J.M., 2009, From Magdalenian to Early Neolithic: hunter-gatherers in transition in north-eastern Iberia en SINÉAD MCCARTAN, RICK SCHULTING, GRAEME WARREN I PETER WOODMEN (Eds.), *Mesolithic Horizons, Papers presented at the 7th International Conference on the Mesolithic in Europe, Belfast*, Oxbow ed., 500-506.

GARCÍA-ARGÜELLES, P., NADAL, J. y FULLOLA, J. M., 2014a, El Valle de Montsant (Priorato, Tarragona), un núcleo clave de la prehistoria del NE peninsular. Los cazadores recolectores del Pleistoceno y del Holoceno en Iberia y el estrecho de Gibraltar: estado actual del conocimiento del registro arqueológico, *Servicio de publicaciones de la universidad de Burgos*, 1, 208-217.

GARCÍA-ARGÜELLES, M.P., NADAL, J., FULLOLA, J.M., BERGADÀ, M.M., DOMINGO, I., ALLUÉ, E. y LLOVERAS, L., 2014b, Nuevas interpretaciones del Paleolítico Superior Final de la Catalunya meridional: el yacimiento de l'Hort de la Boquera, *Trabajos de Prehistoria*, 71, n.2., 242-260.

GARCÍA VALLÈS, M. *et al.*, 2006, *Mineralogía Óptica*, Universitat de Barcelona, Publicacions i Edicions, Barcelona, CD-ROM.

GARCÍA-SIMÓN L.M., MANDADO, J., 2014, Rocas silíceas de la margen del valle medio del Ebro, *Lucas Mallada*, 16, 89-118.

GARCÍA-SIMÓN L. M. y DOMINGO, R., 2016, The Monegros-type chert: Petrographic characterization and prehistoric use, *Journal of lithic Studies*, 3 (2), en prensa, doi:10.2218/jls.v3i2.xxx.

GARCÍA-SIMÓN L. M., DOMINGO, R., MONTES, L., 2016, The marine chert from Las Lezas (Biel, Zaragoza) and its prehistoric exploitation, *Journal of lithic Studies*, 3 (2), en prensa, doi:10.2218/jls.v3i2.xxx.

GENESTE, J., 1992, L'approvisionnement en matières premières dans les systèmes de production lithique: la dimension spatiale de la technologie en MORA, R., TERRADAS, X., PARPAL, (Eds.), *Tecnología y Cadenas Operativas Lítica*, Treballs d'Arqueologia, 1, Bellaterra, 1-36.

GENESTE, J., 2004, Mobilité de matières premières siliceuses et mobilité territoriale au Paléolithique Supérieur en *Abstracts book of Xth Annual Meeting of European Association of Archaeologists*, 167 p.

GÓMEZ DE SOLER, B., 2007, *Áreas de captación y estrategias de aprovisionamiento de rocas silíceas en el nivel I del Abric Romaní (Capellades, Barcelona)*, Tesis Doctoral inédita, Universitat Rovira i Virgili, 55 p.

GREGG, J. M., GOLDSTEIN, S. T. y WALTERS, L. J., 1977, Occurrence of strained quartz in the siliceous frustules of cultured freshwater diatoms, *Journal of Sedimentary Petrology*, 47 (4), 1623-1629.

HANNIBAL, J. T., RESER, N. A., YEAKLEY, J. A., KALKA, T. A. y FUSCO, V., 2014, determining provenance of local and imported chert millstones using fossils (especially charophyta, fusulinina, and brachiopoda): examples from Ohio, U.S.A, *Palaos*, 28 (11), 739-754.

HERNÁNDEZ TRIGO, J. A. 2011, Teoria i experimentació en espectroscòpia Raman modular amb fibra òptica aplicada a l'anàlisi de pigments, Proyecto final de carrera Fac. d'Enginyeria de Telecomunicació, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona.

HÖGBERG, A., OLAUSSON, D., 2007, *Scandinavian flint, An archeological perspective*, Aarhus University Press, Denmark, 158 p.

HÖGBERG, A., HUGHES, R.E. y OLAUSSON, D., 2012, Many different types of Scandinavian Flint - Visual classification and Energy Dispersive X-Ray Fluorescence, *Fornvännen, Journal of Swedish Antiquarian Research*, 107, 225-240.

HÖGBERG, A., HUGHES, R.E. y OLAUSSON, D., 2014a, Comparing Polish and Scandinavian flint using visual and chemical analysis: some preliminary results, *Fornvännen, Journal of Swedish Antiquarian Research*, 108, 257-262.

HÖGBERG, A., HUGHES, R.E. y OLAUSSON, D., 2014b, Chemical analysis of red and black Heligoland flint - initial results and comparisons with flint from Scandinavia, *Siedlungs- und Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet (SKN) Settlement and Coastal Research in the Southern North Sea Region (SCN)*, 37, 59-66.

HOROWITZ, A. S. y POTTER, P. E., 1971, *Introductory petrography of fossils*, Springer-Verlag, Berlin, 302 p.

HUGHES, R. E., BALTRUNAS, V. y KULBICKAS, D., 2011, Comparison of two analytical methods for the chemical characterization of flint from Lithuania and Belarus, *Geologija*, 53, n. 2 (74), 69-74.

HUGHES, R.E., HÖGBERG, A. y OLAUSSON, D., 2010, Sourcing flint from Sweden and Denmark. A pilot study employing non-destructive Energy Dispersive X-ray fluorescence spectrometry, *Journal of Nordic Archaeological Science*, 17, 15-20.

HUGHES, R.E., HÖGBERG, A. y OLAUSSON, D., 2012, The chemical composition of some archaeologically significant flint from Denmark and Sweden, *Archeometry*, 54, 5, 779-796.

INSTITUT GEOLÒGIC DE CATALUNYA, 2014, *Bellcaire d'Urgell, Mapa geològic de Catalunya, 1:25.000*, Ed. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya.

INSTITUT GEOLÒGIC DE CATALUNYA, 2014, *Camarasa, Mapa geològic de Catalunya, 1:25.000*, Ed. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya.

INSTITUT GEOLÒGIC DE CATALUNYA, 2015, *Òdena, Mapa geològic de Catalunya, 1:25.000*, Ed. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya.

INSTITUT GEOLÒGIC DE CATALUNYA, 2010, *Os de Balaguer, Mapa geològic de Catalunya, 1:25.000*, Ed. Institut Geològic de Catalunya i Institut Cartogràfic de Catalunya

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Balaguer (hoja, 359), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Agramunt (hoja, 360), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Fraga (hoja, 387), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Lleida (hoja, 388), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Tàrrega (hoja, 388), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Cervera (hoja, 390), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Mequinenza (hoja, 415), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Maials (hoja, 416), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Espluga de Francolí (hoja, 417), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Montblanch (hoja, 418), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Fabara (hoja 443), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Flix (hoja, 444), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Cornudella (hoja, 445), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Valls (hoja, 446), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Gandesa (hoja, 470), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Mora de Ebro (hoja, 471), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Tarragona (hoja, 472), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Reus (hoja, 473), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Horta de San Joan (hoja, 496), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Argenté (hoja, 517), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Montalbán (hoja, 518), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Aiguaviva (hoja, 519), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Peñarroya de Tastavins (hoja, 520), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Beceite (hoja, 521), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Alfambra (hoja, 542), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Villarluengo (hoja, 543), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Forcall (hoja, 544), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Morella (hoja, 545), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Ulldecona (hoja, 546), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Teruel (hoja, 567), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Alcalá de la Selva (hoja, 568), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Mosqueruela (hoja, 569), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Albocacer (hoja, 570), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Vinaroz (hoja, 571), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, La Puebla de Valverde (hoja, 590), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Mora de Rubielos (hoja, 591), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Villahermosa del Río (hoja, 592), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Cuevas de Vinromá (hoja, 593), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Alcalá de Xivert (hoja, 594), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Camarena (hoja, 613), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Manzanera (hoja, 614), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Alcora (hoja, 615), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Villafamés (hoja, 616), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (IGME), 2000, *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Faro de Oropesa (hoja, 617), Serie Magna*, Ed. Instituto Geológico y Minero Español, Madrid.

JOHNSON, A. W. y EARLE, T. , 2003, *La evolución de las sociedades humanas: desde los grupos cazadores-recolectores al estado agrario*, Ariel, Barcelona, 451 p.

KASZTOVSZKY, Z., BIRÓ, T.K. y KIS, Z., 2014, Prompt Gamma Activation Analysis of the Nyírlugos obsidian core depot find, *Journal of Lithic Studies*, 1, n.1, p. 151-163.

- LANGLAIS, M. 2010, *Les sociétés magdaléniennes de l'Isthme pyrénéen*, Comité des Travaux Historiques et Scientifiques, Collection Documents Préhistoriques, 26, Paris, 337 p.
- LUEDTKE, B. E., 1979, The Identification of Sources of Chert Artifacts, *American Antiquity*, 44 (4), 744-757.
- LUEDTKE, B. E., 1992, *An archaeologist's guide to chert and flint*, Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, Archaeological Research Tools, n. 7, 156 p.
- MALUQUER DE MOTES, 1955, Los talleres de sílex, al aire libre, del norte de Aragón, *Príncipe de Viana*, 58, 9-32.
- MANGADO, X., 1998, La arqueopetrología del sílex. Estudio de caracterización de materiales silíceos. Un caso práctico: el nivel II de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, La Noguera), *Pyrenae*, 29, 47-68.
- MANGADO, J., 2002a, *La caracterización y el aprovisionamiento de los recursos líticos en la Prehistoria de Cataluña. Las materias primas silíceas del Paleolítico Superior final y Epipaleolítico*, Tesis Doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 425 p.
- MANGADO, L., 2002b, El aprovisionamiento de materias primas líticas durante el Paleolítico superior y Epipaleolítico de Catalunya, *Cypsela*, 14, 27-41.
- MANGADO, J., 2004, *L'arqueopetrologia del Sílex, una clau per al coneixement paleoeconòmic i social de les poblacions prehistòriques*, Societat Catalana d'Arqueologia, Barcelona, 116 p.
- MANGADO, X., 2005, La caracterización y el aprovisionamiento de los recursos abióticos en la Prehistoria de Cataluña: las materias primas silíceas del Paleolítico Superior Final y el Epipaleolítico, *BAR international series*, 1420, Oxford, 205 p.
- MANGADO, X., 2006a, Flint sources and petrographical identification in the late magdalenian and epipalaeolithic levels from Parco Cave (spanish eastern Pyrenees), *Stone age - Mining age – Der Anschnitt*, Beiheft 19, 145-152.
- MANGADO, X., 2006b, el aprovisionamiento en materias primas líticas: hacia una caracterización paleocultural de los comportamientos paleoeconómicos, *Trabajos de Prehistoria* 63, n. 2, 79-91.

MANGADO, AUBRY, T., y SAMPAIO, J., 2006a, Los recursos líticos utilizados durante el Paleolítico superior del valle del Côa (Portugal). aprovisionamiento, caracterización, gestión, e interpretación, en MARTÍNEZ, G; MORGADO, A.; AFONSO, J.A. (coord.), *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio*, Fundación Ibn al-Jatib de Estudios de Cooperación Cultural, Loja, 159-177.

MANGADO, J., CALVO, M., NADAL, J., ESTRADA, A. y GARCIA-ARGÜELLES, M. P., 2006b, Raw material resource management during the epipalaeolithic in north-eastern Iberia. the site of Gai rockshelter (Moià, Barcelona): a case study en C. BRESSY, A. BURKE, P. CHALARD, H. MARTIN (dir.), *Notions de territoire et de mobilité. Exemples de l'Europe et des premières nations en Amérique du Nord avant le contact européen, Actes de sessions présentées au Xe congrès annuel de l'Association Européenne des Archéologues (EAA), Lyon, 8-11 septembre 2004, Liège, ERAUL 116, 91-98.*

MANGADO, X., TEJERO, J.M., FULLOLA, J.M., PETIT, M.A., GARCÍA-ARGÜELLES, P., VAQUERO, M., SOLER, N. y GARCÍA, M., 2010, Nuevos territorios, nuevos grafismos: una visión del Paleolítico Superior en Cataluña a inicios del siglo XXI, MANGADO, J., (Ed.) en *El Paleolítico Superior peninsular: novedades del siglo XXI*, Monografías del SERP, 8, 61-81.

MANGADO, X., MORALES, J. I., OMS, F. X., REY, M. y SÁNCHEZ, M., 2011, Estudio de los restos líticos de la cova colomera (Prepirineo de Lleida) entre 5220 y 1660 cal BC. Análisis arqueopetroológico de las materias primas silíceas y las posibles áreas de captación, Actes Xarxes del Neolític, *Rubricatum*, 5, 155-162.

MASSON, A., 1979, Recherches sur la provenance des silex préhistoriques. Méthode d'étude, *Études Préhistoriques*, 15, 9-40.

MASSON, A., 1981, *Pétoarchaeologie des roches siliceuses. Intérêt en Préhistoire*, Tesis doctoral inédita, Universidad Claude Bernard-Lyon I, 101 p.

MATA-PERELLÓ, J., 2009, Recorrido geológico y minero por las comarcas del Maestrazgo y de Els Ports (Castellón): des de la Iglesuela del Cid a Tronchón y a Castellote, *Terra endins, Revista de geologia*, 236, sèrie B, 1-16.

MATA-PERELLÓ, J., 2010, Recorrido geológico y minero por las comarcas del Alcalatén, Gúdar - Javalambre y del Maestrazgo: des de Vilafranca del Cid a Mosqueruela y a la Iglesuela del Cid, *Algeps, Revista de geología*, 527sèrie B, 3-12.

MATA-PERELLÓ, J. y SANZ, J., 2012, Recorregut de recerca geològica i mineralògica per les comarques de l'Alt Camp i de la Conca de Barberà: des del pla de Santa Maria a Figuerola del Camp, Cabra del Camp, Sarral i Sant Miquel de Montclar, *Algeps, Revista de geologia*, 606, sèrie B, 1-10 p.

MATA-PERELLÓ, J. M. y SANZ, J., 2013, Recerca geològica i mineralògica per la Conca de Barberà: des de l'Espluga de Francolí a Sarral i Sant Miquel de Montclar, *Terra endins, Revista de geologia*, 359, sèrie B, 1-14.

MAUGER, M. 1984, L'apport des microfossiles dans l'identification des silex. Exemple du Magdalénien de l'Ile-de-France, *Bulletin Société Préhistorique Française*, 81(7), 216-220.

MELGAREJO, J.C. *et al.*, 2003, *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*, v.II, Fundació Folch, Universitat de Barcelona, Barcelona, 1706 p.

MOLINA, E. (ed), 2004, *Micropaleontologia*, Prensas Universitarias de Zaragoza, Zaragoza, 704 p.

MONTES, L., DOMINGO, R., GONZÁLEZ-SAMPÉRIZ, P., SEBASTIÁN, M., ARANBARRI, J., CASTAÑOS, P., GARCÍA-SIMÓN, L.M., LABORDA, R., 2016, Landscape resources and people during the Mesolithic and Neolithic times in NE Iberia: The Arba de Biel basin, *Quaternary International*, 403, 133-150.

MORANT, N., 1998, *Estudi de les matèries primeres lítiques del nivell I i del jaciment de l'Abric Romani (Capellades, Barcelona)*, Tesis de Licenciatura inédita, Universitat Rovira i Virgili, 240 p.

MORONI, B., PETRELLI, M., 2005, Geochemical characterization of flint artifacts by Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry with Laser Sampling (LA-ICP-MS): results and prospects, *Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 5 (2) 49-62.

MUNSELL SOIL COLOR CHART, 2000, New Windsor, New York.

MURATA, K. y NORMAN, M. B., 1976, An index of cristallinity of quartz, *American Journal of Science*, 276, 1120 – 1130.

NAVAZO, M., COLINA, A., DOMÍNGUEZ-BELLA, S. y BENITO-CALVO, A., 2008, Raw stone material supply for Upper Pleistocene in Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain): flint

characterization using petrographic and geochemical techniques, *Journal of Archaeological Science*, 35, 1961-1973.

ORTEGA, D., 2002, Mobilitat i desplaçaments dels grups caçadors-recolectors a inicis del Paleolític superior a la regió pirinenca oriental, *Cypsela*, 14, 11-26.

ORTÍ, F., ROSELL, L., INGLÉS, M. y PLAYÁ, E., 2007, Depositional models of lacustrine evaporites in the SE margin of the Ebro Basin (Paleogene, NE, Spain), *Geologica Acta*, 5 (1), 19-34.

PARCERISAS, J., 2006, Una propuesta de análisis multicriterio en el estudio del aprovisionamiento de los recursos líticos, en MARTÍNEZ, G; MORGADO, A.; AFONSO, J.A. (coord.), *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio*, Fundación Ibn al-Jatib de Estudios de Cooperación Cultural, Loja, 33-44.

PATON, C., HELLSTROM, J.C., PAUL, B., WOODHEAD, J.D. y HERGT, J.M., 2011, Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data, *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26, 2508-2518.

PÉREZ JIMÉNEZ, J. L. 2010, *Sedimentología, silicificaciones y otros procesos diagenéticos en las unidades intermedia y superior del Mioceno de la cuenca de Madrid (zonas NE, NW y W)*, Tesis doctoral inédita, Universidad Complutense de Madrid - Consejo Superior de Investigaciones Científicas –CSIC, 356 p.

PÉREZ-JIMÉNEZ, J. L., BUSTILLO, M. A., NEMCHIN, A. A. y ALONSO-ZARZA, A. M., 2010, Datación de silcretas a través de ópalo con uranio. Un estudio preliminar en el Mioceno, área de Paracuellos de Jarama (Cuenca de Madrid), *Geogaceta*, 48, 171 - 174.

PEÑA, J., L., LÓPEZ, M., MORÍN, J., , RUBIO, V., GALLART, J., SÁNCHEZ F., VELÁZQUEZ, R., ESCOLÀ, M., CANTALLOPS, L., CARBONELL, E., RODRÍGUEZ, X., P., SANCHO, C., FERNÁNDEZ, C., 2005, Noves aportacions sobre els dipòsits quaternaris del riu de la Femosa (sector Artesa de Lleida-Puigverd de Lleida) i les seves indústries paleolítiques, *URTX*, 18, 7-23.

PETTIJOHN, F. J., 1975, *Sedimentary Rocks*, 3ª Ed. Harper & Row, New York, 628 p.

- QUEROL, X. y SOLÉ DE PORTA, N., 1989, Precisiones cronoestratigráficas sobre la Fm. Escucha en el sector noroeste de la cuenca del Maestrazgo. Cordillera Ibérica oriental, *Acta Geològica Hispànica*, 24 (2),73-82.
- RAMOS-MILLÁN, A., 1984, La identificación de las fuentes de suministro de un asentamiento prehistórico, *Arqueología espacial*, 1, 107-134.
- RAMOS-MILLÁN, A., 1986, La explotación de recursos líticos por las comunidades prehistóricas. Un estudio sobre economía primitiva, *Cuadernos de Prehistoria de la Universidad de Granada*, 11, 237-271.
- RENFREW, C. y BAHN, P., (eds.), 2008, *Arqueología. Conceptos clave*, Akal universitaria, Madrid, 571 p.
- REY, M., DELAGE, C. y MANGADO, X., 2010, Caractérisation des silex crétacés de Charente (France): évaluation de l'approche macroscopique à l'oeil nu et au microscope en *Les journées silex de Lyon: vers une harmonisation méthodologique, en 1ère session des rencontres: caractérisation des silex, 8-10 octobre, Lyon*, 150- 158.
- REY SOLÉ, M., 2011a, *Aproximación al estudio arqueopetroológico de la litoteca de la cuenca de la Charente (Francia)*, Trabajo de fin de Máster inédito, Universitat de Barcelona, 161 p.
- REY SOLÉ, M., 2011b, Estudio micropaleontológico del Cretácico superior de la cuenca de la Charente (Angulema, Francia): una aproximación al aprovisionamiento de materias primas durante la Prehistoria en PÉREZ-GARCÍA, A., GASCÓ, F., GASULLA, J. M., ESCASO, F.,(Eds.), *Viajando a mundos pretéritos*, Morella, 332-339.
- REY-SOLÉ, M., DAURA, J., MANGADO, X. y SANZ., M., 2014a, Caracterización de las materias primas líticas del yacimiento paleolítico de la Dolina de l'Esquerda de les Alzines (Macizo del Garraf, Barcelona), *Pyrenae*, 45 (1), 31-54.
- REY-SOLÉ, M., MANGADO, X. y DELAGE, C., 2014b, New data about Cenomanian and Turonian cherts from Charente's basin (France), *Journal of Lithics Studies* 1 (1), 227-238.
- REY-SOLÉ, M., ROMÁN, D. y MANGADO, X., 2015, Aproximación al estudio arqueopetroológico de la industria lítica procedente del abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castelló, País Valencià), *Journal of Lithic Studies* 2 (2), doi:10.2218/jls.v2i2.1434.

RIBA, O., 1997, *Diccionari de Geologia*, Enciclopèdia Catalana, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 1407 p.

ROLLINSON, H., 1993, *Using geochemical data: evaluation, presentation, interpretation*, Longman Group UK Ltd, Essex, 352 p.

RODRÍGUEZ BAYLACH, N., 2011, *Aproximació tecnopològica de la indústria lítica de l'estrat 2 de l'Abric dels Colls (Margalef de Montsant, Priorat, Tarragona)*, Trabajo final de Máster inédito, Universitat de Barcelona, 132 p.

RODRÍGUEZ BAYLACH, N., Aproximació tipotecnològica de la indústria lítica de l'estrat 2 de l'Abric dels Colls (Margalef de Montsant, Priorat), 2014, *Pyrenae*, 45 (2), 7-30.

RODRÍGUEZ TOVAR, F. J., MORGADO, A. y LOZANO, J.A., 2010, Using Ichnofossils to Characterize Chert Tools: A Preliminary Study from Southern Iberia, *Geoarchaeology: an International Journal*, v. 25 (4), 514-526.

ROMÁN, D., 2003, Aproximación a la tecnología lítica del Magdaleniense superior de la Cova de les Cendres (Teulada-Moraira, Alacant), *Saguntum-PLAV*, 35, 9-21.

ROMÁN, D. 2010a, El jaciment epimagdalenià de la Balma de la Roureda (Vilafranca, Els Ports, País Valencià), *Pyrenae*, 41(2), 7-28.

ROMÁN, D., 2010b, Nuevos datos para la transición Pleistoceno-Holoceno: el abrigo del Cingle de l'Aigua (Xert, Baix Maestrat, País Valencià), *Zephyrus*, LXVI, 209-218.

ROMÁN, D. 2011a, *El poblament del final del Plistocè en les comarques del nord del País Valencià a partir de l'estudi tecno-tipològic de la indústria lítica*, Tesis Doctoral Inédita, Universitat de València, 632 p.

ROMÁN, D. 2011b, La producción lítica en el abrigo de La Roureda (Vilafranca, Els Ports, Castellón). *Saguntum-PLAV*, 43, 21-31.

ROSELL *et al.*, 1997, Apuntes de la asignatura Petrología Sedimentaria, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, Documento inédito.

ROY, M., TARRIÑO, A., BENITO-CALVO, A., MORA, R. y MARTÍNEZ-MORENO, J., 2013, Aprovechamiento de sílex en el Prepirineo oriental durante el Paleolítico superior antiguo: el nivel arqueológico 497C de Cova Gran (Santa Linya, Lleida), *Trabajos de prehistoria*, 70, 7-27.

SALAS, R. y GUIMERÀ, J., 1996, Rasgos principales estructurales de la cuenca cretácica inferior del Maestrazgo (Cordillera Ibérica Oriental), *Geogaceta* 20 (7), 1704-1706.

SÁNCHEZ DE LA TORRE, M., 2014, *Las sociedades cazadoras recolectoras del Paleolítico superior final pirenaico: territorios económicos y sociales*, Tesis Doctoral inédita, Universitat de Barcelona, 587 p.

SÁNCHEZ, M., REY-SOLÉ, M., CASADO, A., RODRIGUEZ, N., MEDINA, B. y MANGADO, X., 2014, The LithicUB Project: a virtual lithotheque of siliceous rocks at University of Barcelona, *Journal of Lithics Studies* 1 (1), 281-292.

OLAUSSON, D., HUGHES, R.E., HÖGBERG, A., 2012, A new look at Bjurselet. The neolithic flint axe caches from Västerbotten, Sweden. Using non-destructive Energy Dispersive X-Ray Fluorescence analysis for provenance determination, *Acta Archaeologica*, 83, 83-103.

ORTÍ, L. ROSELL, M. INGLÉS y E. PLAYÁ, 2007, Depositional models of lacustrine evaporites in the SE margin of the Ebro Basin (Paleogene, NE, Spain), *Geologica Acta*, 5 (1), 19-34 p.

SÉRONIE-VIVIEN, M., 1972, *Contribution a l'étude du Sénonien en l'Aquitaine Septentrionale, ses stratotypes: Coniacien, Santonien, Campanien, Les stratotypes français*, v. II, Comité français de stratigraphie, Centre National de la Recherche Scientifique, 195 p.

SÉRONIE-VIVIEN, M.-R. y LENOIR, M., 1987, Le silex de sa genèse à l'outil, (Cahiers du Quaternaire n.17), *Actes du Vo colloque international sur le silex (Vth international Flint symposium)*, Bourdeaux, 17 sept-2 octobre 1987, Centre National de la Recherche Scientifique, Centre Regional de Publication de Bourdeaux, 645 p.

SOS, V., 1981, *Compendio de geología de la provincia de Castellón (estratigrafía, tectónica y orogenia)*, Caja de Ahorros y Monte de Piedad de Castellón, Castellón, 402 p.

SOTO, M., *Áreas y estrategias de aprovisionamiento lítico de los últimos cazadores-recolectores en las montañas de Prades (Tarragona)*, Tesis Doctoral Inédita, Universitat Rovira i Virgili, 715 p.

SOTO, M., GOMEZ, B., VALLVERDÚ, J., VAQUERO, M., 2011, El territori d'aprovisionament del sílex dels caçadors recol.lectors del Molí del Salt (Vimbodí i Poblet –

Conca de Barberà), *Aplec de treballs (Montblanc)*, 29, Centre d'Estudis de la Conca de Barberà, 31-52.

SOTO, M., GOMEZ DE SOLER, B., VALLVERDU, J., VAQUERO, M., 2013, Aplicación experimental de sistemas de información geográficos a la prospección y análisis de áreas de captación de rocas silíceas en la Prehistoria. El caso práctico del Abric Romaní y El Molí del Salt en A. PALOMO, R. PIQUÉ Y TERRADAS, X. (Ed.), *Experimentación en Arqueología. Estudio y difusión del pasado*, Serie monográfica del MAC, Girona, 501-508.

SOTO, M., GÓMEZ, B., VALLVERDÚ, J., VAQUERO, M., 2014, Potential siliceous sources during Prehistory: Results of prospecting in the East margin of the Ebro Basin (NE Iberian Peninsula), *Journal of Lithic Studies* 1 (1), 293-318.

TARRIÑO, A., 1998, Rocas silíceas sedimentarias: su composición mineralógica y terminología, *Krei*, Gasteiz, 3, 143-161.

TARRIÑO A., 2006, *El sílex en la cuenca vasco-cantábrica y Pirineo navarro: caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria*, *Monografías 21*, Madrid, 263 p.

TERRADAS, X., 2001, *La gestión de los recursos minerales en las sociedades cazadoras recolectoras*, *Treballs d'Etnoarqueologia*, 4. CSIC, Madrid, 176 p.

TERRADAS, X., MANGADO, X., ORTEGA, D., 2004, estudio de la disponibilidad de rocas silíceas para la producción de instrumental lítico en la Prehistoria, en *Actas de la III Reunión de Trabajo sobre el Aprovechamiento de Recursos Abióticos en la Prehistoria*, *Loja*. 21-23/10/2004.

TERRADAS, X., ÁLVAREZ, A., BARTROLÍ, A., BORRELL, F., CLOP, X., FULLOLA, J. M., GARCÍA-ANTÓN, M. D., GIBAJA, J. F., GÓMEZ, B., GRÉGOIRE, S., MANGADO, X., MAROTO, J., MARTZLUFF, M., MOLIST, M., ORTEGA, D., PALOMO, A., SALA, R., SOLER, N., y VILA, A., 2006, Red temática "Estudio de la disponibilidad de rocas silíceas para la producción de instrumental lítico en la Prehistoria" en MARTÍNEZ, G., MORGADO, A., y ALFONSO, J. A., (Coords.), *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio. Actas de la III reunión de Trabajo sobre aprovechamiento de recursos abióticos en la Prehistoria*, Fundación Ibn al-Jatib de Estudios de Cooperación Cultural, 63-72.

TERRADAS, X., ORTEGA, D., BOIX, J., 2012, El projecte LitoCAT. Creació d'una litoteca de referència de roques silícies de Catalunya, *Tribuna d'Arqueologia* 2010-2011, Dept. de Cultura de La Generalitat de Catalunya, Barcelona, 131-150.

TOURNEPICHE, J.,F., 1998, *Geologie de la Charente. Histoire des terrains sédimentaires du nord du Bassin Aquitaine*, Edition du Germa, Angoulême, 141 p.

TURQ, A. 1989, Exploitation des matières premières lithiques et exploitation du sol: l'exemple du Moustérien entre Dordogne et Lot, *Cahiers du Quaternaire*, 13, 179-204.

TURQ, A., 2005, Réflexions méthodologiques sur les études de matières premières lithiques, *Paléo*, 17, 111- 132.

TUCKER, M. E., 1991, *Sedimentary Petrology. An introduction to the origin of Sedimentary Rocks*, 2a edició, Blackwell Scientific, 260 p.

UTRILLA, P., MAZO, C., NAGORE, O., DOMINGO, R., SOPENA, M.C., 2004, L'art mobilier sur Pierre du versant sud des Pyrenees: Les blocs gravés de la Grotte d'Abautz, en LEJEUNE, M. Y WELTÉ , A.-C. (Dir.), *Art mobilier paléolithique supérieur en Europe occidentale, Congrès de l'UISPP, Liège, 2001*, ERAUL, 107, 199-218.

VAQUERO, M., ALLUÉ, E., ALONSO, S., GARCIA CATALÁN, S., GARCIA DIEZ, M. SOTO, M., 2010, Humans i medi natural en l'entorn de les muntanyes de Prades de fa mes 10000 anys: el jaciment del Moli del Salt (Vimbodi i Poblet) en BUQUERAS , X., LLAGOSTERA, J., SANCHO, M, SAURA, P. (Coords.), *Actes de les III Jornades sobre el bosc de Poblet i les Muntanyes de Prades. Polítiques de conservació del territori i la gestió del medi, Institut Català de Paleocologia Humana i Evolució Social (IPHES), Tarragona, 5, 6 i 7 de novembre de 2010*, L'Espluga de Francolí, Dept. d'Agricultura, Ramaderia, Pesca, Alimentació o Medi Natural de la Generalitat de Catalunya, 39-42.

VAL, M. J., 1977, Yacimiento líticos de superficie en el Barranc de la Valltorta (Castellón), *Cuadernos de Prehistoria y Arqueología Castellonense* 4, 45-77.

VERA, J. A. et al. (Eds.), 2004, *Geología de España*, Instituto Geológico y Minero de España, Sociedad Geológica de España, Madrid, 884 p.

VERA, J. A., MOLINA, J. M., 2001, Liesegang rings in pelagic limestones: genetic considerations, *Geogaceta*, 29, 151-154.

VILASECA S., 1936, *La industria del sílex a Catalunya. Les estacions taller al Priorat i extensions*, Imp. Llibreria Nacional i Estrangera, Reus, 125 p.

VILASECA S., 1949, *Avance al estudio de la Cueva del Filador, de Margalef, (Provincia de Tarragona)*, Archivo Español de Arqueología, 77, 347 p.

VILASECA, S., 1953, *Las industrias del sílex tarraconenses*, CSIC- Instituto Rodrigo Caro, Madrid, 526 p.

VILLAVERDE, V.; EIXEA, A. & ZILHÃO, J. 2008, Aproximación a la industria lítica del Abrigo de la Quebrada (Chelva, Valencia), *Treballs d'Arqueologia*, 14, 213-228.

VILLAVERDE, V., ROMÁN, D., MARTÍNEZ, R., BADAL, E., BERGADÀ, M. M., GUILLEM, P. M., PÉREZ, M., TORMO, C., 2010, El Paleolítico superior en el País Valenciano. Novedades y perspectivas, en MANGADO (Ed.), *El Paleolítico superior peninsular. Novedades del Siglo XXI*, Monografias del SERP, 85-116.

VITA-VINZI, C., HIGGS, E. S., 1970, *Prehistoric economy in the Mount Carmel area of Palestine. Site catchment analysis*, Proceedings of the Prehistoric Society, 36, Cambridge, 37 p.

VV AA., 2010, *Atles Geològic de Catalunya*, Institut cartogràfic i Geològic de Catalunya, Barcelona, 463 p.

WATSON, P. J., LEBLANC, S. A., REDMAN, C. L., 1974, *El método científico en Arqueología*, Alianza Editorial, Madrid, 195 p.



## 11. ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICAS

<b>Fig. 1.</b> Bloque de Abautz. Fuente: www.quhist.com. Visitada el 12/02/16.....	11
<b>Fig. 2.</b> Cuadro que representa el punto intermedio entre las Ciencias de la Naturaleza y las Ciencias Humanas en el que se encuentra la Prehistoria (Mangado 2004).....	21
<b>Fig. 3.</b> Cuadro que representa cómo se puede realizar el análisis de útiles prehistóricos (Mangado 2004).....	22
<b>Fig. 4.</b> Cuadro de la relación entre la caracterización de las materias primas y su aprovisionamiento (Mangado 2004).....	23
<b>Fig. 5.</b> Organización de dos litotecas. Izquierda: litoteca del Museo Nacional de Hungría (Budapest). Derecha: LithicUB, litoteca de la Universitat de Barcelona.....	26
<b>Fig. 6.</b> Esquema del proceso sedimentario en el contexto del ciclo geológico, modificado de Corrales <i>et al.</i> (Vera 2004).....	29
<b>Fig. 7.</b> Cuarzo microcristalino de la muestra arqueológica "HB.G8.446", de sílex clasificado como Tipo 3 procedente del yacimiento Hort de la Boquera (Tarragona). Microscopio óptico y nícoles cruzados, escala 100 $\mu\text{m}$ .....	32
<b>Fig. 8.</b> De izquierda a derecha y de arriba abajo: cristal fibroso de calcedonia <i>lenght slow</i> (lutecita) hallado en la matriz de la muestra sin compensador y con compensador; micronódulo de nucleación de calcedonia <i>lenght fast</i> (calcedonita) hallado en la matriz de la muestra, sin compensador y con compensador; ambos ejemplos hallados en la muestra geológica número "13" procedente de Cabacés (Priorat, Tarragona), (Oligoceno-Estampiense). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 100 $\mu\text{m}$ .....	33
<b>Fig. 9.</b> Centrada a la derecha podemos observar una calcedonia helicoidal hallada en la muestra geológica procedente de Lilla (Conca de Barberà, Tarragona) (Luteciense - Bartonense). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1 mm.....	33
<b>Fig. 10.</b> Detalle de fractura rellena de cristales de megacuarzo, en mosaico variedad <i>drusy</i> , de la muestra geológica con sigla "26" procedente de Vilaplana (Baix Camp, Tarragona) (Muschelkalk superior). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1 mm.....	34
<b>Fig. 11.</b> Diagrama de fases de los polimorfos de la sílice y sus fases opalinas (Luedtke, 1992).....	35
<b>Fig. 12.</b> Espectrograma obtenido para la muestra arqueológica "HB04.H7.294", de sílex clasificado como Tipo 1, procedente del yacimiento de l'Hort de la Boquera, en el que se aprecia que la moganita aparece en el pico 501.05, Espectroscopía micro-Raman.....	36
<b>Fig. 13.</b> Cristal de calcita (cristal rómbico centrado) incluido en matriz microcristalina; hallado en la muestra geológica procedente de Flix (Ribera d'Ebre, Tarragona) (Cuaternario). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 100 $\mu\text{m}$ .....	37
<b>Fig. 14.</b> Bioclastos incluidos en matriz de sílex donde se observa que uno de ellos conserva aún el carbonato original mientras que el otro está totalmente silificado y reemplazado por calcedonia; muestra arqueológica de sigla "IV", de sílex clasificado como Tipo B, procedente del yacimiento de la Roureda (Castelló), Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1000 $\mu\text{m}$ .....	38
<b>Fig. 15.</b> Izquierda: lenticulas de yeso incluídas en el córtex de la muestra arqueológica con sigla "HB.J5.1497", de sílex clasificado como Tipo 1, procedente de Hort de la Boquera (Tarragona). Derecha: lenticula de yeso totalmente silificada incluida en la matriz procedente de la muestra geológica de sigla "20" procedente de Blancafort (Conca de Barberà, Tarragona), (Eoceno – Oligoceno). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1000 $\mu\text{m}$ .....	38
<b>Fig. 16.</b> Lenticulas de yeso visibles a nivel macroscópico en muestra arqueológica de sigla "HB.G6.519", de sílex clasificado como Tipo 1; elemento de dorso procedente de l'Hort de la Boquera. Lupa binocular.....	39
<b>Fig. 17.</b> Dendritas de manganeso halladas en muestra arqueológica procedente del yacimiento pleistoceno la Dolina de l'Esquerda de les Alzines, macizo del Garraf, Barcelona (Rey-Solé <i>et al.</i> 2014a).....	40
<b>Fig. 18.</b> Illita hallada en la muestra geológica número "22" procedente de Bellmunt d'Urgell (La Noguera, Lleida), (Estampiense superior). Microscopio electrónico.....	40
<b>Fig. 19.</b> Izquierda: materia orgánica incluida en matriz sílicea de la muestra arqueológica "HB.J5.1487", clasificado como sílex tipo 1-1, procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1mm. Derecha: materia orgánica incluida en muestra "HB.G8.280", sílex clasificado como Tipo 1-1, elemento de dorso procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona). Lupa binocular (2 mm).....	41
<b>Fig. 20.</b> Posibles radiolarios (morfologías esféricas) y fractura rellena de megacuarzo de la muestra geológica de sigla "3M" procedente de Poboleda (Priorat, Tarragona), (Carbonífero). Microscopio óptico con nícoles cruzados (1 mm).....	42
<b>Fig. 21.</b> Gasterópodo fósil con restos del carbonato original en proceso de silificación y con parte del mismo reemplazado por sílice fibrosa. Muestra arqueológica de sigla "2a", de sílex clasificado como Tipo A variedad I, procedente del yacimiento de La Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala 1000 $\mu\text{m}$ .....	43

<b>Fig. 22.</b> Gasterópodo hallado en la muestra de sílex arqueológico (sigla "Ee3c8sq6-28") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló) y clasificada como Tipo A-I. Microscopio óptico, luz paralela, nícoles cruzados y compensador; escala 1000 µm.....	44
<b>Fig. 23.</b> Detalle de anillos de <i>Liesegang</i> observados en la muestra arqueológica de sigla "HB15.H7.1510", procedente de l'Hort de la Boquera (Tarragona) y clasificado como Tipo B. Lupa binocular.....	47
<b>Fig. 24</b> Izquierda: muestra arqueológica de sigla "5", de sílex clasificado como Tipo D, procedente de La Roureda (Castelló) donde podemos apreciar la textura heredada Packstone de bioelementos fragmentados. Derecha: estructura estromatolítica hallada en la muestra arqueológica "SI", de sílex clasificado como tipo B, procedente de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico (nícoles cruzados, escala a 1 mm).....	48
<b>Fig. 25.</b> Presencia de espículas relictas reemplazadas por calcedonia, solo observables con nícoles cruzados, halladas en la muestra arqueológica "E3C8sq21-5", de sílex clasificado como Tipo A variedad I, procedente de La Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados, escala a 1000 µm.....	49
<b>Fig. 26.</b> Tabla de dureza de Mohs.....	51
<b>Fig. 27.</b> A1 (luz transmitida) y A2 (nícoles cruzados): fragmento de equinodermo mal conservado procedente de la muestra "Les Grandes Tuileries Garat" (Rey-Solé <i>et al.</i> 2014b) . B1 (Lupa binocular): fragmento de equinodermo bien conservado procedente de la muestra "La Couronne-Cimenteries - Lafarge" (Rey 2011b). Las dos pertenecen a muestras geológicas de la Litoteca de la Charente (Rey 2011a).....	53
<b>Fig. 28.</b> Foraminíferos y su relación con el medio que habitan (Flügel 2004).....	54
<b>Fig. 29.</b> Ostrácodo. Muestra procedente de Souté La Cave (muestra geológica de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico con nícoles cruzados (Rey 2011b).....	55
<b>Fig. 30.</b> Fragmento de concha procedente de muestra arqueológica (sigla "1") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló) , Microscopio óptico y nícoles cruzados (1000 µm).....	56
<b>Fig. 31.</b> Gasterópodo hallado en la muestra arqueológica de sigla "E3c5-6" procedente de la Roureda (Castelló). Lupa binocular.....	56
<b>Fig. 32.</b> Braquiópodo procedente de Cravands Gouterand (muestra geológica de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular (Rey <i>et al.</i> 2010).....	57
<b>Fig. 33.</b> Placa de equinodermo hallada en una muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados. escala a 1000 µm.....	57
<b>Fig. 34.</b> Briozoo procedente de La Petite Courrière – Torsac (muestra geológica procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico con nícoles cruzados (Rey 2011a).....	58
<b>Fig. 35.</b> Espícula procedente de muestra arqueológica (de sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda. Microscopio óptico, luz paralela (100 µm).....	59
<b>Fig. 36.</b> Orbitolínioideo hallado en una muestra Procedente de Saint Hilaire de Villefranche – Les Boils des Chails (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular. (Rey 2011a).....	60
<b>Fig. 37.</b> Miliólóideo –posible Ophthalmidium- procedente de La Petite Courrière – Dirac (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico, luz paralela (Rey 2011a).....	61
<b>Fig. 38.</b> Foraminífero planiespiralado hallado en muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico y nícoles cruzados (100 µm).....	61
<b>Fig. 39.</b> Izquierda y medio: ejemplos de foraminíferos diferentes hallados en dos muestras arqueológicas (siglas "E3c8sq4-16" y "Cast I-1c"). Derecha: <i>internal lining</i> (Com. pers. del Dr. Carles Martín-Closas) de algún tipo de foraminífero hallado en muestra arqueológica (sigla "CastI-1c"). Las tres procedentes del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico, nícoles cruzados y escala 100 µm.....	62
<b>Fig. 40.</b> Forma afín a tintínido procedente de Saint Vaize-Port la Pierre (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Microscopio óptico, nícoles cruzados (Rey 2011b).....	62
<b>Fig. 41.</b> Posible radiolario tubular procedente de Mouthiers (muestra procedente de la Litoteca de la Charente ). Microscopio óptico, luz paralela (Rey-Solé, <i>et al.</i> 2014b).....	63
<b>Fig. 42.</b> Diatomea hallada en la muestra geológica procedente de La Fatarella, (Dra. Bustillo, com. pers.). MEB.....	63
<b>Fig. 43.</b> Dasieladal procedente de Soute la Cave (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). (Dr. Martín-Closas, com. oral). Lupa binocular (Rey <i>et al.</i> 2010).....	64
<b>Fig. 44.</b> Carofita hallada en muestra arqueológica (sigla "3") procedente del abrigo de la Roureda (Castelló). Microscopio óptico y nícoles cruzados.....	65
<b>Fig. 45.</b> Rama silicificada procedente de una muestra de Garat (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular (Rey 2011a).....	65
<b>Fig. 46.</b> Bioturbación producida por anélido procedente de Saint Vaize – Ancient Usine (muestra procedente de la Litoteca de la Charente). Lupa binocular (Rey <i>et al.</i> 2010).....	66
<b>Fig. 47.</b> <i>Incertae sedis</i> procedente de Mouthiers-sur-Boëme - Les Martins (muestra procedente de la Litoteca de la Charente) Lupa binocular (Rey 2011a).....	66
<b>Fig. 48.</b> Imagen de la Península Ibérica y detalle de la localización de los dos yacimientos, l'Hort de la Boquera, situado al noreste y La Roureda, al suroeste. Modificado de <a href="http://www.nasa.gov">www.nasa.gov</a> . y de Vera (2004).....	69

<b>Fig. 49.</b> Esquema geológico general de localización de C.I y Catalánides. Vera (2004).....	70
<b>Fig. 50.</b> Localización y unidades tectosedimentarias de la cuenca del Ebro. Vera (2004).....	71
<b>Fig. 51.</b> Esquema de la distribución cartográfica de las diferentes unidades estratigráficas de ámbito regional. Grupo Cornudella (1); Grupo Scala Dei, Fm Montsant (2), Fm Margalef (3), Fm Flix (4), Fm Blancafort (5); Grupo Barberà, Fm Montblanc (6), Fm Sarral (7), Fm Sant Miquel del Montclar (8); Unidades superiores, Fm Fatarella (9), Fm Caspe (10), Fm Talladell (11), Unidad Cuesta de Fraga (12), Unidad Torrente de Cinca (13) y Fm Urgel (14) (Colombo 2013).....	72
<b>Fig 52.</b> Corte estratigráfico de las diferentes formaciones que componen el Grupo Scala Dei (Colombo 2013).....	73
<b>Fig. 53.</b> Vista de la situación de la Zona de Enlace. Vera (2004).....	74
<b>Fig. 54.</b> Esquema estructural de la cuenca del Maestrazgo y su subdivisión en subcuencas: Pg penyagolosa, Mo Morella, , Ga Galve, Sa salzdedella, Ol oliete, Al aliga, Ep el Perelló. (Salas y Guimerà 1996).....	75
<b>Fig. 55.</b> Localización del yacimiento. Modificado de <a href="http://www.nasa.gov">www.nasa.gov</a> .....	77
<b>Fig. 56.</b> Mapa de situación de l'Hort de la Boquera. Modificado de Institut Cartogràfic de Catalunya ( <a href="http://www.icc.cat">www.icc.cat</a> ) Escala 2km.....	78
<b>Fig. 57.</b> Vista general del abrigo de l'Hort de la Boquera. Autora: Dra. M. Pilar García Argüelles.....	78
<b>Fig. 58.</b> Mapa que ilustra la distribución de los diferentes yacimientos del Valle del Montsant, entre ellos, l'Hort de la Boquera. Autora: Dra. M. P. García-Argüelles.....	79
<b>Fig. 59.</b> Río Montsant, T1a y visión general del paisaje; al fondo, l'Hort de la Boquera.....	81
<b>Fig. 60.</b> Planta general del yacimiento tras las excavaciones de 2012 (García-Argüelles <i>et al.</i> 2014b).....	82
<b>Fig. 61.</b> Perfil litoestratigráfico y edafosedimentario del yacimiento (García-Argüelles <i>et al.</i> 2014b).....	84
<b>Fig. 62.</b> Pequeño lote de raspadores recuperados. Autora: Dra. M. Pilar García-Argüelles, editada.....	86
<b>Fig. 63.</b> Detalle de una zona de talla. Autora: Dra. M. P. García-Argüelles.....	87
<b>Fig. 64.</b> Plaqueta grabada y calcos de las figuras (García-Argüelles <i>et al.</i> 2014b).....	89
<b>Fig. 65.</b> Izquierda: astillas. Derecha: astrágalo de cabra montés. Autor: Dr. Jordi Nadal.....	91
<b>Fig. 66.</b> <i>Cepaea nemoralis in situ</i> . Autor: Dr. Jordi Nadal.....	92
<b>Fig. 67.</b> Localización del abrigo de la Roureda (punto rojo). Modificado de <a href="http://www.nasa.gov">www.nasa.gov</a> .....	95
<b>Fig. 68.</b> Mapa de situación de La Roureda. Modificado de google maps. Escala 2km.....	96
<b>Fig. 69.</b> Vista del abrigo y su entorno. Autor: Dr. Dídac Román.....	97
<b>Fig. 70.</b> Planta del yacimiento. (Román, 2011b).....	98
<b>Fig. 71.</b> Vista aérea de los cuadros E3, C3 y A3 (de arriba abajo) donde se aprecian los restos del posible enlosado. Foto: Dr. Dídac Román.....	99
<b>Fig. 72.</b> Parte del material retocado recuperado en el abrigo de la Roureda. Autor: Dr. Dídac Román.....	101
<b>Fig. 73.</b> Proceso de estudio macroscópico de las muestras con lupa binocular. Laboratorio del Departamento de Historia i Arqueologia de la Facultat de Geografia i Historia (Universitat de Barcelona). Fotos: Dr. Xavier Mangado.....	109
<b>Fig. 74.</b> Vista general del Laboratorio del Servicio de Lámina Delgada de la Facultad de Geología (UB).....	116
<b>Fig. 75.</b> Estufa para secar y deshidratar las muestras.....	117
<b>Fig. 76.</b> Diversas muestra incluidas en resina listas para ser pulidas.....	118
<b>Fig. 77.</b> Pulido y lavado simultáneo de la muestra para eliminar los restos del proceso.....	118
<b>Fig. 78.</b> Proceso de pegado del vidrio en la campana de gases, muestras con el vidrio ya pegado y por último, serrado de las muestras. con sierra Diamant Board ©.....	119
<b>Fig. 79.</b> Última fase del proceso de obtención de una lámina delgada; muestras en pulidora automática ©Logitech LP 40 y lámina delgada finalizada.....	120
<b>Fig. 80.</b> Equipo completo del laboratorio, compuesto por microscopio óptico (izquierda) y lupa binocular (derecha), ambos conectados a ordenador integrado con cámara. Departamento de Historia i Arqueologia de la Facultat de Geografia i Història (Universitat de Barcelona).....	121
<b>Fig. 81.</b> Material encajante observado en la muestra geológica "FOND" (procedente de Fondespatla); microscopio óptico, nicoles cruzados y escala 1 mm.....	122
<b>Fig. 82.</b> Izquierda: muestras montadas sin metalizar. Derecha: muestras montadas y metalizadas.....	124
<b>Fig. 83.</b> Instantáneas que ilustran la introducción y visionado de las muestras en el microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	125
<b>Fig. 84.</b> Fondo compuesto por microesferas de sílice observadas en la muestra geológica procedente de Ballobar. Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	126
<b>Fig. 85.</b> Muestra "HB13.H8.179". Visión de un cristal romboidal de la muestra y espectrograma semicuantitativo de elementos que confirman que el cristal es de dolomita. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	127
<b>Fig. 86.</b> ©Raman Thermo Fischer Microscope con pantalla de televisión del laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	128

<b>Fig. 87.</b> Fotografía detalle de algunos relictos de lentículas de yeso incluidas en el córtex de la muestra "HB12.H6.1044", con escala de 1 mm. Se aprecia la poca definición gráfica que este método proporciona. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	129
<b>Fig. 88.</b> Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra "HB12.H6.1044" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales- CSIC.....	130
<b>Fig. 89.</b> Proceso de trituración y molido de una muestra con el mortero e introducción del polvo en el portaobjetos para acabar de prensarlo. Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	131
<b>Fig. 90.</b> Difractómetro conectado a un ordenador donde se introduce el programa y más tarde emite un difractograma con los picos más importantes de las fases minerales halladas. Aparatología del Laboratorio de técnicas destructivas (DRX) instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - (CSIC).....	132
<b>Fig. 91.</b> Difractograma y resultados obtenidos para el análisis de la muestra de sílex "HB09.G6.3590" correspondiente al "Tipo 2" o "sílex de carófitos"; muestra arqueológica procedente de l'Hort de la Boquera. Laboratorio de técnicas destructivas (DRX) instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).....	133
<b>Fig. 92.</b> Instantánea que ilustra el momento en que el Dr. Anders Scherstén, director del laboratorio, muestra el cajón del ICP-MS-LA (©Bruker modelo Aurora M90) donde van a ser inseridas las muestras, siendo supervisado bajo la atenta mirada del Dr. Anders Högberg (Universidad de Linnaeus, Kalmar). Laboratorio $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de Geocronología de la Universidad de Lund.....	135
<b>Fig. 93.</b> Proceso de preparación de muestras para analizarlas al ICP-MS-LA. Fragmentación y enganche. Sala de trituración y sala de petrografía, Geocentrum II, Universidad de Lund.....	137
<b>Fig. 94.</b> Fotografías que ilustran el proceso de relleno de las muestras con la resina epóxida (Dr. Anders Scherstén) Laboratorio de cerámica, Geocentrum II, Universidad de Lund.....	138
<b>Fig. 95.</b> Proceso de pulido de las muestras. Laboratorio de cerámica, Geocentrum II, Universidad de Lund.....	138
<b>Fig. 96.</b> Instantáneas que muestran el receptáculo donde se introduce la muestra sólida (en este caso, en forma de pastillas) a ablacionar y al Dr. Scherstén introduciéndolo en la cámara. Laboratorio $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de Geocronología de la Universidad de Lund.....	139
<b>Fig. 97.</b> Muestra "HB12.G8.464". Instantánea del momento en que se sitúan los 3 disparos que efectuará el láser para que el ICP-MS-LA pueda analizar su composición. Laboratorio $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de Geocronología de la Universidad de Lund.....	140
<b>Fig. 98.</b> Cámara con luz UV – C que emite radiación de dichos rayos, donde la muestra es introducida para detectar si contiene o no uranio. Instalado en el Departamento de Geología en el Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	142
<b>Fig. 99.</b> Muestra dentro de la cámara de Rayos UV-C, antes y después de ser encendida. En la foto de la derecha se aprecian las zonas fosforescentes que resaltan con la incidencia de los rayos UV-C. Fotos cedidas por la Dra. Bustillo.....	143
<b>Fig. 100.</b> Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB I".....	150
<b>Fig. 101.</b> Muestra "CAB I". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (escala 2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con micronúcleos; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	151
<b>Fig. 102.</b> Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB II".....	152
<b>Fig. 103.</b> Muestra CAB II. Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz, detalle de minerales opacos y micronúcleos de óxidos; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	153
<b>Fig. 104.</b> Afloramiento de Cabacés y muestra de mano "CAB III".....	154
<b>Fig. 105.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; se pueden observar perfectamente los micronúcleos de óxidos de hierro; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	155
<b>Fig. 106.</b> Afloramiento de Conglomerados de Albarca y muestra de mano "ALBARCA-CONGL".....	156
<b>Fig. 107.</b> Muestra "ALBARCA-CONGL". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	157
<b>Fig. 108.</b> Afloramiento de Ulldemolins y muestra de mano "UII".....	158
<b>Fig. 109.</b> Muestra "UII". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz compuesta de esferulitas de gran tamaño de calcedonia de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	159
<b>Fig. 110.</b> Afloramiento de Ulldemolins y muestra de mano "IM".....	160

<b>Fig. 111.</b> Muestra "1M". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ .....	161
<b>Fig. 112.</b> Afloramiento de Ulldemolins/Albarca y muestra de mano "AU".....	162
<b>Fig. 113.</b> Muestra "AU". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m).....	163
<b>Fig. 114.</b> Afloramiento de Entrada de Albarca y muestra de mano "ALBARCA".....	164
<b>Fig. 115.</b> Muestra "ALBARCA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra, detalle de lutecita vista con compensador; microscopio óptico, (nícoles cruzados, escala de 100 $\mu$ m).....	165
<b>Fig. 116.</b> Afloramiento de Albarca Cantera y muestra de mano "AP".....	166
<b>Fig. 117.</b> Muestra "AP". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (luz paralela, 100 $\mu$ m)....	167
<b>Fig. 118.</b> Afloramiento de Mas de les Monges y muestra de mano "MM".....	168
<b>Fig. 119.</b> Muestra "MM". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 500 $\mu$ m).....	169
<b>Fig. 120.</b> Afloramiento de Cornudella y muestra de mano "CORN".....	170
<b>Fig. 121.</b> Muestra "CORN". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra, detalle de las lenticulas de yeso; microscopio óptico (nícoles cruzados, 500 $\mu$ m).....	171
<b>Fig. 122.</b> Afloramiento de Morera del Montsant y muestra de mano "MOR".....	172
<b>Fig. 123.</b> Muestra "MOR". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz de la muestra; microscopio óptico (nícoles cruzados, 500 $\mu$ m).....	173
<b>Fig. 124.</b> Puntos de afloramiento en los alrededores de Ulldemolins. 1, 2 y 3: Complejo Ulldemolins, niveles de yeso, A, B y C. 4 y 5: puntos de afloramiento de Albarca, Complejo Ulldemolins, niveles de yeso D (Albarca – entrada) y E (Cantera de Albarca) 6: Conglomerados de Albarca (Fm Montsant). 7 y 8: puntos de afloramiento del Complejo Ulldemolins, niveles de yeso F (Cornudella) y G (Mas de les Monges). 9: punto de afloramiento en Morera del Montsant, Fm Morera del Montsant. 10, 11 y 12: puntos de afloramiento en Cabacés, Fm conglomerados de Montsant, niveles inferior, medio y superior respectivamente. Hemos de tener en cuenta que l’Hort de la Boquera se situa en Margalef de Montsant. Modificado de Colombo (2013).....	174
<b>Fig. 125.</b> Afloramiento y muestra de mano "2M".....	175
<b>Fig. 126.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se pueden observar perfectamente de megacuarzo; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	176
<b>Fig. 127.</b> Afloramiento y muestra de mano "3M".....	177
<b>Fig. 128.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se puede observar una estructura moteada; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	178
<b>Fig. 129.</b> Afloramiento y muestra de mano "4M".....	179
<b>Fig. 130.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; se puede observar una veta de cristales de megacuarzo; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu$ m).....	180
<b>Fig. 131.</b> Afloramiento y muestra de mano "VILAVERD".....	181
<b>Fig. 132.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	182
<b>Fig. 133.</b> Afloramiento y muestra de mano "LILLA".....	183
<b>Fig. 134.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; detalle de las esferulitas de calcedonia de tamaño mayor; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	184
<b>Fig. 135.</b> Afloramiento y muestra "P-P".....	185
<b>Fig. 136.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	186
<b>Fig. 137.</b> Afloramiento y muestra "P-PR".....	187
<b>Fig. 138.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, detalle de cristales prismáticos; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; detalle de la materia orgánica incluida y de esferulitas jóvenes en formación, microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu$ m).....	188
<b>Fig. 139.</b> Afloramiento y muestra "P-S".....	189

<b>Fig. 140.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, detalle de cristales prismáticos; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	190
<b>Fig. 141.</b> Afloramiento y muestra "B".....	191
<b>Fig. 142.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz (escala 2 mm), cristales de megacuarczo en proceso de calcedonización; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	192
<b>Fig. 143.</b> Río Alcanadre a la altura de la población de Ballobar.....	193
<b>Fig. 144.</b> Afloramiento y muestra "BALL".....	194
<b>Fig. 145.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,5 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz, detalle de los fragmentos de tallos de caráceas; microscopio óptico (nícoles cruzados,100 $\mu\text{m}$ ).....	195
<b>Fig. 146.</b> Afloramiento y muestra "FAT".....	196
<b>Fig. 147.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de un microfósil acicular silificado (mosaico de megacuarczo); microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	197
<b>Fig. 148.</b> Afloramiento cuaternario (terraza) y muestra "FLIX".....	198
<b>Fig. 149.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de un relicto de pseudomorfo romboidal; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	199
<b>Fig. 150.</b> Vista general de la Serra Llarga.....	200
<b>Fig. 151.</b> Afloramiento y muestra "ALG".....	201
<b>Fig. 152.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz, detalle de lenticula polimíctica de yeso; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	202
<b>Fig. 153.</b> Afloramiento y muestra "FAR".....	203
<b>Fig. 154.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica en lámina delgada de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	204
<b>Fig. 155.</b> Afloramiento y muestra "BELL".....	205
<b>Fig. 156.</b> Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz de la lámina delgada, detalle de los óxidos observados; microscopio óptico (nícoles cruzados,100 $\mu\text{m}$ ).....	206
<b>Fig 157.</b> Mapa que muestra la totalidad de formaciones prospectadas y los 19 puntos diferentes de afloramiento (algunos sólo a nivel de formación, como Grupo Scala Dei, Grupo Cornudella ya detallados en el mapa anterior) visitados en relación a l'Hort de la Boquera.....	207
<b>Fig. 158.</b> Afloramiento de Mas del Pinar y muestra de mano "PINAR (CAST I. 1c)".....	210
<b>Fig. 159.</b> Muestra "PINAR (Cast I. 1c)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz, se observan <i>internal linnings</i> (Dr. Martín-Closas, com. pers.); microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 $\mu\text{m}$ ).....	211
<b>Fig. 160.</b> Afloramiento de Pista de la Estrella y muestra de mano "ESTRELLA".....	212
<b>Fig. 161.</b> Muestra "ESTRELLA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con presencia de carófito; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	213
<b>Fig. 162.</b> Afloramiento de Fortanete y muestra de mano "FORT".....	215
<b>Fig.163.</b> Muestra "FORT (Cast II-3)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular. Derecha: visión microscópica de la matriz, se observa un posible ostrácodo; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	216
<b>Fig. 164.</b> Afloramiento de Font de la Salut (Traiguera) y muestra de mano "TRAI (CAST II-1)".....	217
<b>Fig. 165.</b> Muestra "TRAIGUERA (Cast II- 1)". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	218
<b>Fig. 166.</b> Afloramiento de río Guadalope y muestra de mano "GUADAL". Autores: Luis Miguel García-Simón y Maria Mar Rey-Solé.....	219
<b>Fig. 167.</b> Muestra "GUAD". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular. Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 $\mu\text{m}$ ).....	220
<b>Fig. 168.</b> Afloramiento de Fondespatla y muestra de mano "FOND".....	221
<b>Fig. 169.</b> Muestra "FOND". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con gran cantidad de óxido; microscopio óptico (luz paralela, 100 $\mu\text{m}$ ).....	222

<b>Fig. 170.</b> Afloramiento localizado en la Sierra del Pobo y muestra de mano "CHELVA". Autores: Luis Miguel García-Simón y María Mar Rey-Solé.....	223
<b>Fig. 171.</b> Muestra "CHELVA". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano, donde se observan abundantes relictos de pseudomorfos romboidales; lupa binocular (2 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz con relictos de pseudomorfos romboidales; microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).....	224
<b>Fig. 172.</b> Afloramiento de Puebla de Valverde y muestra de mano "VALV".....	225
<b>Fig. 173.</b> Muestra "VALV". Izquierda: visión macroscópica de la muestra de mano; lupa binocular (0,5 mm). Derecha: visión microscópica de la matriz; microscopio óptico (nícoles cruzados, 200 µm).....	226
<b>Fig. 174.</b> Mapa que muestra la totalidad de formaciones prospectadas y los 8 puntos diferentes de afloramiento visitados en relación a La Roureda.....	227
<b>Fig. 175.</b> Fm de calizas y calizas bioclásticas, alternando con margas y escasos bancos de areniscas calcáreas a la altura de Ortells, donde no se halló afloramiento de sílex.....	229
<b>Fig. 176.</b> Muestra "HB09.J5.1504", resto de talla, clasificada como sílex Tipo 1-1. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).....	232
<b>Fig. 177.</b> Diferentes lascas no retocadas procedentes de l'Hort de la Boquera. De izquierda a derecha y de arriba a abajo: 6 ejemplos de la gran variabilidad textural del tipo 1-1, donde se puede observar la diferencia cromática que puede presentar debido a las diferentes impurezas que la matriz contiene (1, 2), así como las diferentes inclusiones, lentículas de yeso (2, 6), hematites (4), materia orgánica u óxidos de manganeso (5) y la pátina blanca que tiende a desarrollar (3,6). Escala de 1-2mm; lupa binocular.....	232
<b>Fig. 178.</b> Muestra "HB12.G8.446", buril, clasificada como sílex tipo 1-2. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1mm).....	233
<b>Fig. 179.</b> "Muestra HB11.F7.827", resto de talla del Tipo 1-1 con inclusión de Tipo 1-2. Escala: cada partición equivale a 1cm.....	233
<b>Fig. 180.</b> Izquierda: superposición de pátina blanca total y pátina amarilla de zonación concéntrica observada en la muestra geológica procedente de Mas de les Monges. Cada partición corresponde a 1cm. Derecha. Muestra retocada (A2) de sigla "HB98.H5.16" (procedente de l'Hort de la Boquera) que muestra los primeros síntomas de patinación en forma de motas blancas blanca. Muestra de mano y lupa binocular (500 µm).....	235
<b>Fig. 181.</b> Lámina de dorso de sigla "HB01.G5.1999" clasificado como Tipo 2 dónde se pueden apreciar claramente los restos algales y el bandeado rítmico. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).....	236
<b>Fig. 182.</b> Muestra con sigla "HB 2013.H8.179" (resto de talla); se observa un leve laminado y se ha clasificado como sílex Tipo 3. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).....	237
<b>Fig. 183.</b> Izquierda: gran cantidad de pseudomorfos de lentículas de yeso silicificadas hallados en el córtex de la muestra, "HB09. J5.1487", clasificada como Tipo 1-1. Escala de 1000 µm. Derecha: gran abanico o mosaico de cristales fibrosos formando la matriz de la muestra "HB09. J5.1504". Microscopio óptico (luz paralela y nícoles cruzados, 100 µm.).....	242
<b>Fig. 184.</b> Izquierda: zona de matriz formada por criptocuarzo y zona de la matriz formada por microcuarzo, las dos instantáneas pertenecen a la muestra "HB12.H8.446", clasificada como Tipo 1-2. Microscópio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).....	242
<b>Fig. 185.</b> Izquierda: "HB01.G5.1999", muestra arqueológica donde se observan restos algales de carofita incluidos en la matriz, particularmente en un frente de reemplazamiento de carbonato por la sílice. Derecha: "HB05.I6.1797", resto de tallo de carofita bien conservada. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1000 µm).....	243
<b>Fig. 186.</b> Izquierda: cristal romboidal de Ca/Do. Derecha: Restos de carbonato no silificado, incluido en la matriz. Ambas imágenes se corresponden con la muestra "HB13.H8.179". Microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm).....	244
<b>Fig. 187.</b> Comparación textural de muestras: Ulldemolins (A) como muestra geológica (izquierda) y "HB09-J5-1504" como muestra arqueológica (derecha), donde observamos la misma matriz de microcuarzo con abanicos de cuarzo fibroso aislados.....	253
<b>Fig. 188.</b> Fotos de las prospecciones realizadas en dos puntos distintos del lecho del Río Montsant (julio, 2013).....	254
<b>Fig. 189.</b> Comparación entre muestras. Izquierda: muestra "12030604" del fondo de la litoteca Lithic UB procedente del punto de afloramiento Puente de Candanos y muestra arqueológica "HB.G5.1999".....	255
<b>Fig. 190.</b> Muestra geológica procedente de Castelló de Farfanya (nícoles cruzados, 200 µm) (izquierda) en comparación con muestra arqueológica "HB13.H8.179" (luz paralela, 200 µm) (derecha), clasificadas como sílex Tipo 3.....	256
<b>Fig. 191.</b> Mapa de situación de radios concéntricos (20 km y 40 km) que relaciona el yacimiento de L'Hort de la Boquera con los afloramientos – primarios y secundarios- de material síliceo susceptibles con el abastecimiento del mismo.....	260
<b>Fig. 192.</b> Sílex tipo A variedad I, muestra arqueológica con sigla "2 <sup>a</sup> " correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).....	262

<b>Fig. 193.</b> Sílex tipo A variedad 2, lasca no retocada con sigla "C3C7-351", correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (2 mm).....	262
<b>Fig. 194.</b> Sílex tipo B, muestra arqueológica con sigla "1" correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano y lupa binocular.....	263
<b>Fig. 195.</b> Sílex tipo C, muestra arqueológica de sigla "4" correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).....	264
<b>Fig. 196.</b> Sílex tipo D, muestra arqueológica de sigla "5" correspondiente a sílex superficial procedente del abrigo de la Roureda. Muestra de mano (2 mm) y lupa binocular (1 mm).....	265
<b>Fig. 197.</b> Sílex clasificado como "patinado", muestra arqueológica con sigla "71" correspondiente a resto de talla superficial. Lupa binocular (2mm).....	265
<b>Fig. 198.</b> Muestra de sílex superficial (sigla "Esp") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo A variedad I. Se aprecia una matriz clara, con restos bioclásticos muy aislados. Izquierda: visión de un gasterópodo turrítelido a escala 200 µm, luz paralela. Derecha: el mismo gasterópodo observado con nícoles cruzados para poder apreciar con más precisión su completa calcedonificación y ausencia de restos carbonáticos. Microscopio óptico (a escala 1 mm y nícoles cruzados).....	269
<b>Fig. 199.</b> Muestra de sílex superficial (sigla "SI") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo A variedad II. Izquierda: carofita incluida en un gasterópodo turrítelido. Derecha: resto bioclástico acicular y con canal interno (posible espícula) incluido en la zona de transición de la matriz al córtex de la muestra. Las dos imágenes han sido captadas con luz paralela y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente. Microscopio óptico.....	270
<b>Fig. 200.</b> Muestra de sílex superficial (sigla "1") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo B. Izquierda: detalle de oogonio de carofita aislado en la matriz silíceo. Derecha: foraminífero espiralado aislado en la misma matriz. Las dos imágenes han sido captadas con luz paralela y a escala 200 µm. Microscopio óptico.....	271
<b>Fig. 201.</b> Restos de córtex en muestra de sílex superficial (sigla "1") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo B. Se puede apreciar la matriz carbonatada con una amalgama de minerales, la mayoría cristales romboidales de Ca/Do. La imagen ha sido captada con nícoles cruzados y a escala 100 µm. Microscopio óptico.....	271
<b>Fig. 202.</b> Muestra de sílex superficial (sigla "4") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo C. Las dos imágenes reflejan una matriz formada por micro-criptocuarzo y calcedonia, sin otros elementos; captadas con nícoles cruzados y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente. Microscopio óptico.....	272
<b>Fig. 203.</b> Muestra de sílex superficial (sigla "5") recuperado en la Roureda, clasificado como Tipo D Izquierda: fragmento de oolito (Dr. Martín-Closas, com. pers.). Derecha: par de foraminíferos espiralados indeterminados. Imágenes captadas con luz paralela y a escalas 200 µm y 100 µm respectivamente. Microscopio óptico.....	273
<b>Fig. 204.</b> Tipos de paredes en carofitas. De Arriba a abajo y de izquierda a derecha: muestra "C3C7-577" y muestra "E3C2-136" donde ambas presentan restos de carofitas de paredes gruesas a escala 1 mm; muestra "E3C1-172" (escala 1 mm) y muestra "C3C6-58" (escala 2 mm) donde ambas presentan restos de carofitas de paredes finas.....	276
<b>Fig. 205.</b> Muestra geológica "Estrella", procedente de la pista de la Estrella (ver cap. 7.2); microscopio óptico, luz paralela (200 µm).....	277
<b>Fig. 206.</b> De arriba abajo y de izquierda a derecha: restos donde se aprecia claramente el grosor de pared e incluso el número de vueltas de las carofitas; muestra "C3C3-5" (escala 1 mm); restos de tallo deformados por la silificación; muestra "E3-C8-13" (escala 1 mm); oogonio entero y en relieve incrustado en uno de los bordes de la muestra "E3C3-55" (escala 0,5 mm). Estas tres muestras pertenecen a material retocado y las imágenes han sido obtenidas con lupa binocular. Carofita con el poro apical abierto hallada en la muestra "3" (escala 200 µm); carofita con ornamentación carenada en muestra "3a" (escala 100 µm) y oogonio con un mínimo de 5 vueltas en muestra "4" (escala 200 µm). Estas tres muestras son restos de talla analizados al microscopio óptico con luz transmitida.....	278
<b>Fig. 207 y 208.</b> Muestra con sigla "7", clasificada como Tipo B, presenta una matriz silíceo bastante homogénea con abundantes carofitas incluidas. Izquierda: casi no se aprecia el relieve de este resto porque su estructura está bastante mal conservada (100 µm). Derecha: oogonio deformado por la silificación en el que aún se aprecian hasta 8 vueltas (200 µm). Microscopio electrónico de barrido.....	279
<b>Fig. 209.</b> Izquierda: muestra procedente del afloramiento de Fortanete donde se puede apreciar un relicto de gasterópodo turrítelido en la matriz silíceo aun carbonatada. Derecha: muestra arqueológica de sílex arqueológico (sigla "Esp") donde se aprecia un gasterópodo turrítelido calcedonizado incluido en la matriz silíceo. Las dos muestras pertenecen al Tipo A-I. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1 mm).....	287
<b>Fig. 210.</b> Izquierda: muestra procedente del afloramiento "Estrella" donde se puede apreciar los restos de una carofita incluida en la matriz silíceo. Microscopio óptico (luz paralela, 200 µm). Derecha: muestra arqueológica de sílex superficial (sigla "sIV") donde se aprecian los restos de un oogonio incluido en la matriz silíceo aún con restos de carbonato. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 1000 µm). Las dos muestras pertenecen al Tipo B...288	288
<b>Fig. 211.</b> Nódulo recuperado en el lecho del río Montlleó. Cedido por el Dr. Dídac Román.....	289

<b>Fig. 212.</b> Izquierda: muestra geológica procedente del lecho del río Montlleó. Derecha: muestra arqueológica de sigla "E3c8sq4-16". En ambas se puede apreciar el mismo tipo de foraminífero espiralado tan peculiar. Microscopio óptico (nícoles cruzados, 100 µm). Las dos muestras pertenecen al Tipo D.....	290
<b>Fig. 213.</b> Muestra procedente del lecho del río Guadalupe, fotografías cedidas por Luis Miguel García Simón (Universidad de Zaragoza). Visión macroscópica de bioclastos marinos indeterminados, lupa binocular (2 mm). Derecha: foraminífero espiralado, microscopio óptico (50 µm). Véase la gran similitud con el Sílex Tipo D.....	291
<b>Fig. 214.</b> Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que relaciona el yacimiento de La Roureda con los afloramientos – primarios y secundarios- de material silíceo susceptibles con el abastecimiento del mismo. En este mapa se han incluido los puntos de afloramiento: Pista de la Estrella - Mas del Quinyó (Turonense), Fortanete (Maestrichtiense - Paleoceno), Font de la Salut (Eoceno - Oligoceno), como afloramientos primarios. Como afloramientos secundarios podríamos destacar el punto de afloramiento del lecho del río Montlleó, el lecho del río Guadalupe y por último Mas del Pinar.....	294
<b>Fig. 215.</b> Muestra "HB04.H7.294". Izquierda: Moldes negativos de lenticulas de yeso halladas en el córtex de la muestra (40 µm). Derecha: matriz silícea que precipita en los huecos en forma de cristales euhédricos (100 µm). Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	297
<b>Fig. 216.</b> Muestra "HB12.H6.1044". Matriz silíce amorfa correspondiente al sílex arqueológico Tipo 1 variedad 2. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	297
<b>Fig. 217.</b> Muestra "HB12.H6.1044". Instantánea del cristal analizado y su espectrograma semicuantitativo asociado, donde se muestra que el titanio es un elemento importante a destacar. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	298
<b>Fig. 218.</b> Muestra " HB12.E7.404" donde se muestra la diferencia textural que provoca la pátina (zona más oscura de la izquierda) de la zona de la superficie silíce sin pátina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	299
<b>Fig. 219.</b> Muestra "HB13.H8.179". Visión general de la muestra y detalle de los cristales romboidales así como de sus moldes negativos. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	299
<b>Fig. 220.</b> Muestra "HB13.H8.179". Visión de un cristal romboidal de la muestra y espectrograma semicuantitativo de elementos que confirman que el cristal es de dolomita. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	300
<b>Fig. 221.</b> Muestra "HB13.H8.179". Detalle de los agregados que forman las microesferas de la sílice para configurar la matriz de la muestra. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	301
<b>Fig. 222.</b> Muestra "Cabacés III". De izquierda a derecha y de arriba a abajo: calcedonia laminar (30µm); agregado de calcedonias o cuarzo (50µm); cristales de cuarzo (40µm); cristales maclados de megacuarzo (50µm); espora oxidada que ha nucleado en el centro de la calcedonia (20µm); detalle de la espora (10µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	302
<b>Fig. 223.</b> Muestra "Cabacés III". Molde negativo observado en el centro de una calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	302
<b>Fig. 224.</b> Muestra "Cabacés III". Instantánea y microanálisis semicuantitativo de una de las microesporas oxidadas incluidas en el centro de algunas calcedonias. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	303
<b>Fig. 225.</b> Muestra "Albarca Conglomerat". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis que demuestra la existencia de sulfato de bario (baritina) que se encuentra en el crecimiento de la calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	304
<b>Fig. 226.</b> Muestra "1M". De arriba abajo y de izquierda a derecha: dos calcedonias; detalle de una calcedonia bien formada; calcedonia en proceso de disolución hallada en la zona de la pátina; resto de calcedonia disuelta en zona de la pátina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	305
<b>Fig. 227.</b> Muestra "1M". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del análisis de una calcedonia en disolución. Muestra 1M. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	306
<b>Fig. 228.</b> Muestra AU. Izquierda: detalle de la porosidad móldica de yesos. Derecha: detalle de los cristales de cuarzo. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	307

<b>Fig. 229.</b> Muestra "AU". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de un cristal romboédrico aislado de dolomita hallado en la matriz. Microscopio Electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	307
<b>Fig. 230.</b> Muestra "Entrada de Albarca". Izquierda y centro: esferulitas de calcedonia con cristales de microcuarzo en los bordes (50µm). Derecha: vista general de la relación espacial entre las esferulitas de calcedonia (100µm) y los cristales de microcuarzo (200µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	308
<b>Fig. 231.</b> Muestra "Entrada de Albarca". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis donde se muestra un cristal de baritina. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	309
<b>Fig. 232.</b> Muestra "Entrada de Albarca". Izquierda: fragmento de roca caja adherida a la matriz silícea. Derecha: detalle de los cristales de dolomita que componen la roca caja. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	309.
<b>Fig. 233.</b> Muestra "Lilla". Cristales romboidales de dolomita. Microscopio electrónico, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	310
<b>Fig. 234.</b> Muestra "Pira". Tres visiones diferentes de las lentículas de yeso halladas. Izquierda: exfoliación de un cristal de yeso (10µm). Centro: agrupación de lentículas de yeso relleno de cavidades silíceas (50µm). Derecha: cristal de yeso calcificado (10µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	310
<b>Fig. 235.</b> Muestra "Pira". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de algunas lentículas de yeso relleno de cavidades de la matriz del sílex. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	311
<b>Fig. 236.</b> Muestra "Algerri". Izquierda: mineral de las arcillas (30µm). Centro: agregado de cristales de megacuarzo (5 µm). Derecha: visión general de la matriz con la zona de transición claramente observable (30 µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	312
<b>Fig. 237.</b> Muestra "Algerri". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del análisis de un mineral de las arcillas. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC, 2014.....	312
<b>Fig. 238.</b> Muestra "Bellmunt d'Urgell". Izquierda: visión general de la baritina (10µm). Centro: posible zeolita (10µm). Derecha: cristales Hopper de baritina al detalle (5 µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	313
<b>Fig. 239.</b> Muestra "Bellmunt d'Urgell". Instantánea y espectrograma semicuantitativo de una partícula muy fluorescente. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	314
<b>Fig. 240.</b> Muestra "Bellmunt d'Urgell". Izquierda: microfotografía de la arcilla (10µm). Derecha: microanálisis por mapeo (EDS) donde se pueden apreciar la proporción de los elementos hallados distribuidos por zonas; amarillo: uranio; verde: potasio; negro: sílice; azul: aluminio. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	315
<b>Fig. 241.</b> Muestra "Fatarella". Zona de transición entre la zona patinada y la zona sin patinar. Se observa que la zona patinada es porosa. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	316
<b>Fig. 242.</b> Muestra "Fatarella". De izquierda a derecha y de arriba a abajo. Diatomea; detalle de diatomea; hueco con calcedonia creciendo en su interior; detalle de la calcedonia. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	317
<b>Fig. 243.</b> Muestra "Ballobar". Diferentes instantáneas de la muestra geológica Ballobar. De izquierda a derecha y de arriba abajo: Visión general de la textura (50 µm); enfoque en particular de las microsferas de sílice (5 µm); zona silícea interior de una carácea (50µm); visión de un cristal de calcita laminado (5 µm); cristales de yeso y cristales idiomórficos de cuarzo (5 µm); cristales de calcita (5 µm). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	318
<b>Fig. 244.</b> Muestra "Ballobar". Instantánea y espectrograma semicuantitativo del microanálisis de la pared de la carácea. Microscopio electrónico (20 µm). Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	319
<b>Fig. 245.</b> Muestra "Ballobar". Posible fitolito hallado en la muestra de Ballobar. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	319
<b>Fig. 246.</b> Muestra "7". Instantánea del fragmento de carofita y espectrograma del análisis general de la matriz. Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	320

<b>Fig. 247.</b> Muestra "8". Instantánea y microanálisis del mineral de la arcilla hallado (paligorskita). Microscopio electrónico. Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	321
<b>Fig. 248.</b> Espectrograma característico de los picos que presentan la resina y el pegamento en las láminas delgadas. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	324
<b>Fig. 249.</b> Espectrograma resultante para la zona no patinada de la muestra "HB04.H7.294" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	325
<b>Fig. 250.</b> Instantánea de la zona patinada de la muestra arqueológica "HB04.H7.294" procedente de l'Hort de la Boquera, a escala de 1 mm. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	325
<b>Fig. 251.</b> Espectrograma correspondiente a la zona patinada de la muestra arqueológica "HB04.H7.294" procedente de l'Hort de la Boquera. Podemos apreciar los picos característicos para el cuarzo (461,72; 203,19; y 124,85) y para la moganita (500,89). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	326
<b>Fig. 252.</b> Espectrograma resultante para la zona de transición de la muestra "HB05.J5.768" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	327
<b>Fig. 253.</b> Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra "HB05.J5.768" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC, 2014.....	328
<b>Fig. 254.</b> Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra "HB.H6.1355" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	329
<b>Fig. 255.</b> Espectrograma resultante para la zona de la matriz silíceo de la muestra "HB.H6.1355" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	330
<b>Fig. 256.</b> Espectrograma resultante para la zona del córtex de la muestra "HB12.H6.1044" en el cual se observan los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	331
<b>Fig. 257.</b> Fotografía detalle de algunos relictos de lenticulas de yeso incluidas en el córtex de la muestra "HB12.H6.1044", con escala de 1 mm. Se aprecia la poca definición que este método proporciona. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	332
<b>Fig. 258.</b> Espectrograma de aspecto muy nítido resultante para la zona de la superficie de la muestra "HB12.H6.1044" y en el cual se vuelven a observar los picos típicos para las fases del cuarzo y de la moganita. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	332
<b>Fig. 259.</b> Espectrograma característico para la muestra geológica "Cabacés III". Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	333
<b>Fig. 260.</b> Espectrograma característico para la muestra "Albarca Conglomerat" (azul). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	334
<b>Fig. 261.</b> Espectrograma para la muestra geológica "1M", analizada sobre lámina delgada. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC. Señalado en rojo el patrón de la muestra y en verde el patrón para el cuarzo.....	335
<b>Fig. 262.</b> Espectrograma de aspecto muy borroso de la superficie de la muestra " HB13.H8.179" de sílex "Tipo 3" o "Sílex negro". Aunque apreciamos algunos de los picos típicos para la fase mineral del cuarzo, observamos que esta muestra presenta un grado muy alto de fluorescencia que enmascara otros posibles picos que pudieran aparecer. Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	336
<b>Fig. 263.</b> Espectrograma característico para la muestra arqueológica de sílex negro "HB13.H8.179" (rojo). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	337
<b>Fig. 264.</b> Espectrograma característico para la muestra "Algerri"(rojo). Micro-Raman, Laboratorio de Técnicas no destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	338
<b>Fig. 265.</b> Difractograma entre 0 y 60 ° 2θ obtenido para la muestra "HB05.J5.768". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	342

<b>Fig. 266.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ de la muestra "1M" (muestra geológica procedente del Complejo Ulldemolins, nivel de yesos C) utilizada para ilustrar el método de cálculo del índice de cristalinidad del cuarzo a partir de los resultados de Difracción de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	344
<b>Fig. 267.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB05.J5.768". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	346
<b>Fig. 268.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB12.H6.1044". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	347
<b>Fig. 269.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB09.G6.3590". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	348
<b>Fig. 270.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "HB13.H7.1301". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	349
<b>Fig. 271.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Cabacés III". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	350
<b>Fig. 272.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Albarca Conglomerat". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	351
<b>Fig. 273.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "1M ". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	352
<b>Fig. 274.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "AU". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	353
<b>Fig. 275.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Entrada de Albarca". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	354
<b>Fig. 276.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Vilaverd". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	355
<b>Fig. 277.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Lilla". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	356
<b>Fig. 278.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Pira". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	357
<b>Fig. 279.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Prats". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	358
<b>Fig. 280.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Sarral". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	359
<b>Fig. 281.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Blancafort". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	360
<b>Fig. 282.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Algerri". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	361
<b>Fig. 283.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Ballobar". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	362
<b>Fig. 284.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "5". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	363
<b>Fig. 285.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "6". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	364
<b>Fig. 286.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "7". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	365
<b>Fig. 287.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "8". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	366
<b>Fig. 288.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Pinar". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	367
<b>Fig. 289.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Fortanete". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	368
<b>Fig. 290.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Estrella". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	369
<b>Fig. 291.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Trai". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	370
<b>Fig. 292.</b> Difractograma entre 65 y 69 ° 2θ, obtenido para la muestra "Fond". Difractómetro de Rayos X. Laboratorio de Técnicas destructivas instalado dentro del Museo Nacional de Ciencias Naturales - CSIC.....	371
<b>Fig. 293.</b> Pastillas realizadas con los 33 fragmentos de 29 muestras distintas.....	378
<b>Fig. 294.</b> Clasificación de las Tierras Raras. Fuente: <a href="http://www.miningpress.com">www.miningpress.com</a> , visitada en diciembre de 2015.....	379

<b>Fig 295.</b> Ejemplo de patrón en zig zag de las TTRR. Los elementos con número atómico par son más abundantes que los elementos con número atómico impar. (Rollinson, 1993).....	380
<b>Fig. 296.</b> De arriba a abajo y de izquierda a derecha: disparos visibles en las muestras; Albarca Conglomerado; Cornudella (F); HB12-I5-2563, sílex Tipo 1 var.1; HB99-G6-3646 Matriz, sílex Tipo 1 var. 1. ICP-MS-LA.....	381
<b>Fig. 297.</b> Primer diagrama <i>spider</i> de condritas obtenido en la primera interpretación que compara las concentraciones de TTRR de las muestras correspondientes al Complejo Ulldemolins, la Fm Montsant y la Fm Morera del Montsant. Tal y como se observa hay resultados que se hallan por debajo de los límites de detección. Programa Igpet.....	383
<b>Fig. 298.</b> Diagrama <i>spider</i> para los tres puntos analizados de tres muestras geológicas distintas.....	384
<b>Fig. 299.</b> Diagrama binario de la relación Ce/La existente entre los diferentes puntos analizados para cuatro muestras geológicas.....	385
<b>Fig. 300.</b> Diagrama <i>spider</i> que engloba todas las muestras geológicas del Complejo Ulldemolins.....	387
<b>Fig. 301.</b> Diagrama <i>spider</i> que engloba todas las muestras arqueológicas del Tipo 1-1.....	388
<b>Fig. 302.</b> Diagrama <i>spider</i> que engloba los grupos de muestras geológicas y arqueológicas.....	389
<b>Fig. 303.</b> Diagrama binario entre Mn/Sr.....	390
<b>Fig. 304.</b> Diagrama binario Pb/Ca.....	391
<b>Fig. 305.</b> Diagrama binario Ce/La.....	392
<b>Fig. 306.</b> Diagrama binario La/Nd.....	393
<b>Fig. 307.</b> Diagrama binario Nd/U.....	394
<b>Fig. 308.</b> Diagrama ternario U/Sr/Pb.....	395
<b>Fig. 309.</b> Diagrama ternario la/Nd/Ce.....	396
<b>Fig. 310.</b> Conjuntos de muestras relacionadas geoquímicamente. Relación y proximidad geoquímica deducida.....	400
<b>Fig. 311.</b> Muestra arqueológica "HB12-E7-404". Izquierda: fragmento no patinado. Derecha: fragmento patinado.....	402
<b>Fig. 312.</b> Diagrama <i>spider</i> de la muestra "HB12-E7-404".....	402
<b>Fig. 313.</b> Diagrama binario Ba/ <sup>52</sup> Cr.....	403
<b>Fig. 314.</b> Diagrama binario La/Ce.....	404
<b>Fig. 315.</b> Diagrama binario Al/U.....	405
<b>Fig. 316.</b> Diagrama binario Sc/U.....	406
<b>Fig. 317.</b> Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que incluye afloramientos primarios y secundarios donde se ha documentado la recuperación de material silíceo relacionados con l'Hort de la Boquera así como ríos y afluentes que explican el hipotético transporte fluvial sufrido por los nódulos silíceos de las variedades de Tipo 2 (morado) y Tipo 3 (amarillo).....	418
<b>Fig. 318.</b> Mapa de situación de radios concéntricos (20km y 40 km) que incluye afloramientos primarios y secundarios donde se ha documentado la recuperación de material silíceo en relación al abrigo de la Roureda....	423
<b>Fig. 319.</b> Posibles áreas y radios de movilidad para la obtención de materias primas de los principales afloramientos - tanto por captación directa del afloramiento (áreas amarillas) como indirecta por posibles intercambios (áreas verdes) - de ambos yacimientos.....	425
<b>Fig. 320.</b> Prospección en busca de cantos silíceos en Rambla Carbonera (Castelló), mayo de 2015. Foto: Jordi Casadellà.....	328
<b>Fig. 321.</b> Nódulos silíceos recuperados en el lecho del río Guadalupe en la campaña de prospecciones realizada en mayo '15. Foto cedida por el investigador Luis Miguel García Simón (Universidad de Zaragoza).....	328
<b>Fig. 322.</b> Map of the geological outcrops in relation with l'Hort de la Boquera rockshelter as well as rivers and tributaries explaining the hypothetical fluvial transport of siliceous pebbles (Type 2 – purple; Type 3 – yellow)....	438
<b>Fig. 323.</b> Location map with concentric radiums (20 and 40 km) including primary and secondary outcrops in relation with La Roureda rockshelter.....	442
<b>Fig. 324.</b> Potential areas and mobility radiums from main outcrops in relation with their raw materials procurement – therefore direct cathment from the outcrop (yellow areas) as hypothetical exchanging (green areas) – from both sites.....	444
<b>Fig. 325.</b> Geological survey looking for siliceous pebbles in Carbonera dry riverbed (Castelló), May '15. Author: Jordi Casadellà.....	446
<b>Fig. 326.</b> Siliceous nodules from Guadalupe River. Geological surveys, May '15. Cortesy of Luis Miguel García Simón, researcher from Universidad de Zaragoza.....	447

\*\*\*\*\*

<b>Tabla 1.</b> Minerales y texturas de las rocas de la sílice (Bustillo <i>et al.</i> 2012).....	31
<b>Tabla 2.</b> Relación de dataciones radiocarbónicas del yacimiento de L'Hort de la Boquera (García-Argüelles <i>et al.</i> 2014b).....	85
<b>Tabla 3.</b> Tipos de soportes de la industria lítica de l'Hort de la Boquera, modificada de García-Argüelles <i>et al.</i> 2014b.....	85
<b>Tabla 4.</b> Número de piezas y porcentajes de los principales grupos tipológicos.....	87
<b>Tabla 5.</b> Número de piezas y porcentajes por soportes (Román, 2011b).....	100
<b>Tabla 6.</b> Número de piezas y porcentajes de los principales grupos tipológicos (Román 2011b).....	101
<b>Tabla 7.</b> Datación radiocarbónica del yacimiento del abrigo de La Roureda (Paleolítico superior) (Román 2010a).....	102
<b>Tabla 8.</b> Ficha arqueopetrográfica de caracterización macroscópica utilizada en este trabajo.....	111
<b>Tabla 9.</b> Ficha de caracterización de afloramiento y material síliceo utilizada en este trabajo.....	113
<b>Tabla 10.</b> Ficha de caracterización microscópica utilizada para este trabajo.....	123
<b>Tabla 11.</b> Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características macroscópicas principales para el abrigo de l'Hort de la Boquera.....	238
<b>Tabla 12 y Tabla 13.</b> Tablas resumen de muestras retocadas (izquierda) y restos de talla (derecha) en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado.....	238
<b>Tabla 14.</b> Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características microscópicas principales para el abrigo de l'Hort de la Boquera.....	245
<b>Tabla 15.</b> Relación Variedad- Soporte en piezas retocadas.....	247
<b>Tabla 16.</b> Relación variedad – tipo de útil.....	250
<b>Tabla 17.</b> Tabla resumen de tipos de sílex discriminados en el análisis textural de las muestras procedentes del abrigo de la Roureda.....	266
<b>Tablas 18 y 19.</b> Muestras retocadas (izquierda) y restos de talla (derecha) en relación al tipo de sílex presentado y al córtex hallado.....	266
<b>Tabla 20.</b> Relación de núcleos según tipo de sílex y corticalidad.....	267
<b>Tabla 21.</b> Tabla resumen de las distintas variedades discriminadas y sus características microscópicas principales.....	273
<b>Tabla 22.</b> Relación variedad de sílex – soporte.....	281
<b>Tabla 23.</b> Relación variedad – tipo de útil.....	284
<b>Tabla 24.</b> Fases minerales y otras observaciones para el análisis por Espectroscopía micro-Raman.....	340
<b>Tabla 25.</b> Resumen de los datos aportados por la técnica de la Difracción de Rayos X.....	374
<b>Tabla 26.</b> Tabla de concentración de TTRR (ppm) obtenidos para cada muestra analizada.....	386
<b>Tabla 27.</b> Resumen de afloramientos localizados no explotados y afloramientos explotados relacionados con el aprovisionamiento de materias primas del abrigo de l'Hort de la Boquera.....	417
<b>Tabla 28.</b> Resumen de afloramientos localizados y afloramientos relacionados con el aprovisionamiento de materias primas del abrigo de la Roureda.....	422
<b>Table 29.</b> Outcrops summary. Exploited and non exploited outcrops in relation with the procurement of lithic raw materials from l'Hort de la Boquera rockshelter.....	437
<b>Table 30.</b> Outcrops summary. Exploited and non exploited outcrops in relation with the procurement of lithic raw materials from La Roureda rockshelter.....	441

\*\*\*\*\*

<b>Gráfica 1.</b> Gráfica que ilustra la relación de núcleos recuperados del Tipo 1-1 y su presencia cortical.....	240
<b>Gráfica 2.</b> Relación variedad de sílex - soporte.....	247
<b>Gráfica 3.</b> Relación variedad de sílex - soporte; detallada para las variedades 1-2, Tipo 2 y Tipo 3.....	248
<b>Gráfica 4.</b> Relación variedad - tipo de útil.....	250
<b>Gráfica 5.</b> Relación variedad - tipo de útil; detallada para las variedades 1-2, Tipo 2 y Tipo 3.....	251
<b>Gráfica 6.</b> Relación de núcleos según tipo de sílex y corticalidad.....	267
<b>Gráfica 7.</b> Relación variedad de sílex - soporte.....	282
<b>Gráfica 8.</b> Relación variedad - tipo de útil.....	285