

Estudio y caracterización petrológica del material arqueológico del yacimiento de Roca San Miguel (Arén, Huesca).

Study and petrological characterization of the archaeological material in Roca San Miguel site.

Sonia Benavente Marco.



Trabajo Fin de Grado.

Directora:

Pilar Lapuente Mercadal.

Universidad de Zaragoza. Facultad de ciencias. Grado en Geología. Diciembre 2022.

Índice

Abstract.	2
1. Planteamiento.....	2
2. Objetivos.....	2
3. Contexto geológico.	3
4. Metodología.....	3
4.1.Trabajo de campo.....	3
4.2.Trabajo de laboratorio.....	4
5. Resultados y discusión.....	4
5.1.Caracterización Litológica.	4
5.2. Análisis de la muestra del afloramiento de la presa de Sopeira.	20
5.3. Análisis la industria lítica.....	21
5.4. Análisis de la terraza Qt5.	23
6. Conclusiones.	24
7. Agradecimientos.	24
8. Bibliografía.....	24

Abstract.

Neanderthal lithic tools of Mousterian culture, found in the Pre-Pyrenean archaeological site of Roca San Miguel (Arén, Huesca), have been studied from those previously selected by the archaeologists responsible of the excavation.

The macroscopic and microscopic petrographic studies carried out have allowed to classify 953 samples into 12 different lithotypes, as well as to find bias and differences between the two chronological levels from which they come (MLP level, $151,9 \pm 11,1$ ka and SLN level $103,4 \pm 6,9$ ka). A wide range of silicious rocks (sedimentary, igneous and metamorphic) have been discriminated using mineralogical and textural criteria.

In addition, the comparative petrological study with rocks of the surrounding outcrops has made it possible to relate some lithological varieties with raw materials available in the site for making tools, in coherence with the archaeological hypothesis. While autochthonous cherts and pebbles from the Noguera Ribagorçana river were the most abundant local varieties, other cherts were supplied from clearly different source areas.

1. Planteamiento.

El yacimiento Roca San Miguel fue un asentamiento de paso para Neandertales en la época Musteriense, se trata de la ocupación más antigua fechada en el área prepirinenaica, y a día de hoy se encuentra a cielo abierto. Su excavación, según Montes *et al.*, (2021) se desarrolla en tres catas: la cata inferior es interpretada como un depósito removilizado, donde predominan restos de ungulados. La cata intermedia está constituida por tres niveles arqueológicos bien datados (nivel MLP2 en $169,6 \pm 9,1$ ka; nivel MLPR en $160,1 \pm 14,3$ ka; nivel MLP en $151,9 \pm 11,1$ ka). Y por último, la cata superior, que alcanza el nivel arqueológico SLN datado en $103,4 \pm 6,9$ ka. Tanto la cata intermedia como superior, poseen una gran cantidad de industria lítica, entre los que pueden diferenciarse los siguientes: útiles (herramientas talladas y preparadas mediante retoque), lascas y microlascas (producto de talla delgada desprendido de un núcleo al ser tallado), “chunks” (fragmentos informes gruesos y macizos en los que no puede determinarse ninguno de los accidentes propios del lascado, según define Merino, 1944) y “debris” (residuos de todos los anteriores, desprendidos o rotos), además de restos de fauna.

Aunque en la actualidad es sabido que la materia prima de las herramientas fueron mayoritariamente rocas sílexíticas, y en menor medida rocas metamórficas, ígneas, y algunas otras sedimentarias, se carecía hasta el momento de un análisis preciso. Por ello, se decidió plantear esta investigación petrológica, ya que esta disciplina como ciencia que se ocupa de la caracterización y origen de las rocas es la herramienta fundamental para abordar estudios de esta índole. Para ello, se han utilizado materiales que provienen de los niveles MLP y SLN.

Son relativamente escasos los trabajos de índole arqueométrica centrados en este tipo de utensilios. Sin embargo, entre los antecedentes bibliográficos cabe destacar algunas tesis doctorales realizadas en la pasada década (Pérez, 2010; Roy, 2016; García, 2019) que han orientado la investigación aquí realizada.

2. Objetivos.

El objetivo principal del trabajo es, mediante una base petrológica, categorizar las rocas usadas por neandertales como materias primas para la realización de herramientas líticas en el yacimiento Roca San Miguel. Se pretende, además, establecer una comparación de las

categorías entre los diferentes niveles cronológicos para llegar a conocer si existe un sesgo litológico en cuanto a la posible selección del material según su tipología y edad. Como objetivos secundarios se tratará de comprobar y analizar si hubo aprovechamiento de los recursos líticos del entorno del yacimiento, comparando con la litología adecuada.

3. Contexto geológico.

El yacimiento de Roca San Miguel se encuentra a 1km al ESE de la localidad de Arén (Huesca). Sus coordenadas UTM huso 31T, X313119 Y4681046. Se sitúa en la zona central del Prepirineo (unidad Surpirenaica Central) compuesta por rocas mesozoicas y cenozoicas afectadas por cabalgamientos de vergencia sur (Muñoz, 1992). Concretamente, este yacimiento está localizado en la margen derecha del río Noguera Ribagorzana, que en esta zona discurre con dirección submeridiana y sufre estrechamientos y ensanchamientos configurados por las areniscas de la Fm. Arén, que presenta en el entorno del yacimiento, estratificación con orientación E-O y buzamientos de 40S. El yacimiento arqueológico se ubica sobre uno de estos estrechamientos formado por los depósitos maastrichtienses de la Fm. Arén (López y Ardévol, 1994).



Figura 1. **A)** Localización del yacimiento de Roca San Miguel (señalada con una estrella) **B)** Imagen del yacimiento de Roca San (Cata intermedia), obsérvese el martillo de geólogo como escala.

4. Metodología.

4.1. Trabajo de campo.

El trabajo de campo se ha distribuido en dos jornadas. La primera se centró en la prospección del yacimiento Roca San Miguel con el fin de observar y tomar información de la geología del entorno. Al mismo tiempo los arqueólogos responsables de la excavación nos facilitaron las muestras a estudiar, en total 953 muestras, previamente seleccionadas por ellos para que hubiese una representación de todos los tipos de industria lítica encontrados y la mayor diversidad litológica aparente visualmente. Adicionalmente, se inspeccionó un afloramiento de sílex encajado en roca caliza de la Formación Anserola de edad Santoniense-Coniaciense (Cretácico Superior) y situado en las inmediaciones de la presa de Sopeira (a 7 km del yacimiento), del que se extrajeron tres muestras para su posterior estudio.

Con el fin de contrastar la hipótesis expuesta por Domingo y Montes (2016) de que los grupos musterienses que ocuparon el sitio aprovecharon el material de terrazas antiguas que se sitúan al pie del yacimiento, en la segunda jornada se procedió a analizar los cantos rodados de la terraza Qt5 del río Noguera Ribagorzana. Su depósito debió ser coetáneo con la primera época de ocupación del área, correspondiéndose con el tramo temporal entre la cata media y superior (Peña, 1983), y por ello sería representativa del material acumulado en su antiguo cauce. Para conocer la abundancia relativa de los distintos tipos de roca presentes en forma de cantos, se

delimitó una superficie de 2m² en su perfil vertical (1m de alto x 2m de ancho) en dicha terraza, y se recogieron 100 muestras de manera aleatoria, con un diámetro del eje mayor de los cantos de 5cm y de forma que abarcase todo el área.

4.2. Trabajo de laboratorio.

Para poder empezar a estudiar los líticos facilitados del yacimiento, se procedió a realizar una inspección macroscópica metódica del total de piezas con objeto de clasificarlas en grupos en una primera jerarquía litológica (sedimentarios, ígneos y metamórficos) y realizar una selección representativa de ellos en cada tipología arqueológica para definir las muestras a estudiar posteriormente a escala microscópica. Así la primera observación atendió a las características visuales relativas a su color, estructuras que presentaban, tamaño de grano o grado de cristalinidad, textura, brillo, fractura, absorbencia.

Una vez realizada esta primera distribución, los 953 líticos contabilizados (útiles, “chunks”, lascas, microlascas y “debris”) de los niveles MLP (151,9±11,1 ka) y SLN (103,4±6,9 ka), se escogieron 34 muestras representativas para la realización de sus respectivas láminas delgadas. Posteriormente, se procedió a su análisis microscópico mediante un estudio petrográfico de detalle utilizando el microscopio Jenapol (Carl Zeiss Jena) del laboratorio de Microscopía del Área de Petrología y Geoquímica de la Universidad de Zaragoza, el cual tiene acoplado una cámara para la realización de fotomicrografías. Las láminas en las que se observó la presencia de carbonato, fueron teñidas con alizarina roja S para discriminar entre su composición calcítica o dolomítica. El estudio petrográfico de materiales tan singulares como son las distintas variedades de rocas silíceas, requirió recabar información bibliográfica sobre estudios de este tipo (Bustillo, 1976 y 1980; Bustillo y La Iglesia, 1979)

Finalmente, el estudio permitió la distinción y agrupamiento de variedades de rocas a partir de las 34 láminas delgadas. Fijados estos grupos, se prosiguió con una segunda inspección de las 953 muestras, clasificándolas una a una atendiendo a sus niveles cronológicos, en función de las variedades litológicas establecidas y a su vez, en la diferente tipología lítica, ya fueran “chunks”, lascas, microlascas, “debris” o útiles. De este modo se pudieron componer las distintas tablas con sus correspondientes gráficos que facilitarían la comparación entre los niveles cronológicos.

5. Resultados y discusión.

5.1. Caracterización Litológica.

A partir del estudio petrográfico de las 34 láminas delgadas se han diferenciado 12 variedades litológicas principales a las que se ha denominado litotipos. Cada uno puede estar formado por una o varias muestras, pero en la descriptiva de cada litotipo se especifica si se han encontrado algunas diferencias significativas entre muestras de un mismo grupo. En cualquier caso, se ha escogido una pieza como referente que mejor representa a cada uno.

Se han reconocido rocas sedimentarias tanto detríticas (cuarzarenitas, grauvacas o litoarenitas) como de precipitación química (silicitas y carbonatadas en distinto grado de silicificación), rocas metamórficas (corneanas y cuarcitas) e ígneas volcánicas (riolitas). A pesar de que las silicitas deberían constituir un único grupo jerárquico, debido a su diferenciación, representatividad y teniendo en cuenta que es la materia prima por excelencia en el Paleolítico, se decidió que cada variedad figuraría por separado. Es preciso advertir que para diferenciar entre algunas variedades de estas rocas ha sido preciso reconstruir el prototipo original de roca carbonatada

afectada por el proceso de silicificación, aspecto no siempre fácil ya que el proceso a menudo obliteró la textura original de la roca. Para facilitar el seguimiento de cada litotipo, las características más significativas de cada uno han sido recopiladas en la tabla I del anexo I.

Litotipo I. (muestra representativa: RSM-2); Clasificación: Silexita Beige (SlxBg).

Descripción macroscópica: (Fig. 2A) roca opaca, granuda, de color beige pálido anaranjado (10YR 8/2) que presenta moteado oscuro. La superficie es ligeramente rugosa (grano fino), fractura ligeramente concoidea y dureza elevada.

Descripción microscópica: en conjunto composicionalmente, la sílice supone el 85%, individualizándose en cuarzo, calcedonita (*length-fast*) y en una mezcla de sílice insoluble con óxidos de hierro en forma coloidal que muestra estructuras concrecionales. Contiene además carbonatos en un 10% y un 5% en minerales opacos, a modo de grumos que podrían corresponder a pirritas oxidadas.

El ejemplar posee una matriz en mosaico de cuarzo microcristalino de tamaño inferior a las 20 micras, que varía ocasionalmente a mayores tamaños en las zonas que ha experimentado varias etapas de crecimiento. Atendiendo a las variedades definidas tradicionalmente (Arbey, 1980) predomina el cuarzo anhedral con extinción irregular y contornos difusos por la superposición de granos, con algunos esferulitos dispersos de calcedonita de tamaño ligeramente mayor. La textura general de la roca (Fig. 2B) es controlada por la presencia de parches de carbonato microcristalino (micrita) y fantasmas de bioclastos, algunos aún reconocibles (foraminíferos, conchas de bivalvos, entre otros), que responden a las evidencias del precursor previo a la silicificación parcial. Siguiendo la clasificación de Folk (1962) en función de sus componentes, correspondería a una caliza micrítica fosilífera, y según la clasificación elaborada por Dunham (1962) mostraría una textura Packestone. Los caparazones de los bioclastos han sido reemplazados completamente por coloides marronáceos de sílice ferruginosa o por sílice criptocristalina de muy baja cristalinidad mezclada con óxidos y posiblemente minerales de la arcilla (Fig. 2C). Sin embargo, en algunos caparazones todavía se conservan restos de carbonatos fibrosos. En cuanto al interior de las cavidades, se encuentran totalmente rellenos por cuarzo sacaroideo o calcedonita (*length-fast*) (Fig. 2D).

Los coloides (Fig. 2E) también se presentan de manera individualizada en parches con aspecto gelatinoide y/o botroidal que manifiestan distinto grado de transparencia en función de las impurezas que contienen confiriéndole un carácter insoluble. Así, en ocasiones experimentan cambios graduales de color y cristalinidad debido a que la sílice en su movilización tiende a migrar las impurezas al cristalizar. Las zonas más transparentes se asocian a cristales de calcedonita y cuarzo, mientras que las más oscuras e isótropas, a la sílice con impurezas.

Finalmente, rellenando oquedades y fracturas se observan formas de precipitación secundaria de esferulitos de calcedonita (Fig. 2F).

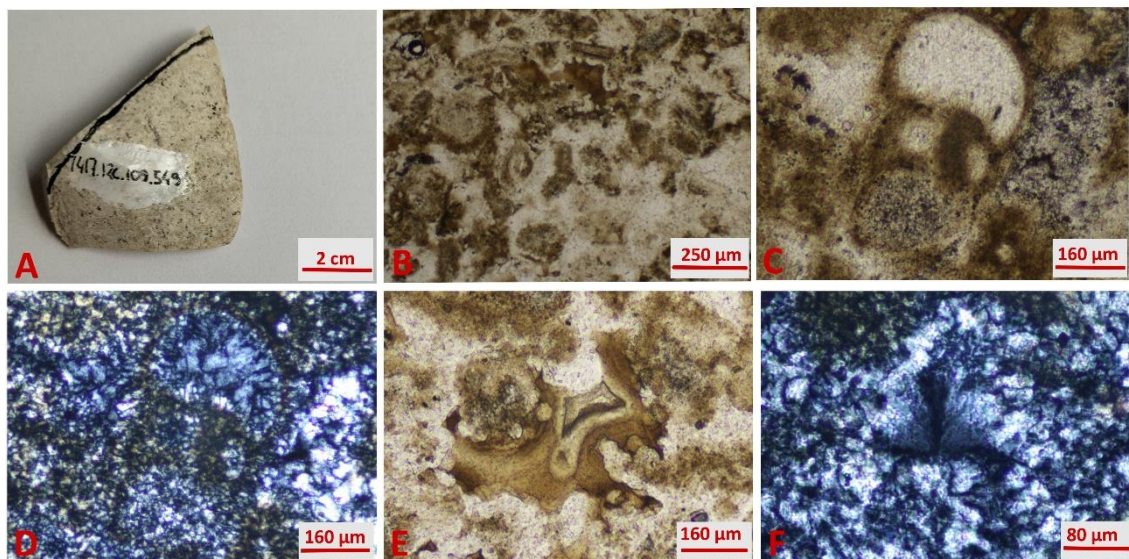


Figura 2. Muestra RSM-2. **A)** Aspecto macroscópico. **B)** Textura general de la roca en la que se observan los parches de carbonato y bioclastos reemplazados por coloides. **C)** Foraminífero planctónico cuyo caparazón ha sido reemplazado por coloides **D)** Misma imagen en nicoles cruzados. En la parte superior de su cavidad se contempla rellena de calcedonita (*length-fast*) y en la parte inferior de cuarzo sacaroideo. **E)** Coloides de aspecto gelatinoso y botroidal. **F)** Esferulito de calcedonita (*length-fast*). Muestra una construcción perfecta y regular que recuerda a la figura de cruz axial. Además, a su alrededor se observa la matriz de cuarzo de aspecto sacaroideo.

Litotipo II. (RSM-1, RSM-3, RSM-11, RSM-18, RSM-27 y RSM-30); Clasificación: Silexita grisácea (SlxGr).

Descripción macroscópica: (Fig. 3A) Este grupo muestra una amplia gama de tonalidades, pudiendo haber desde algunas de color gris muy claro (N7) a otras que pueden llegar a tener un color negro tizón (N2,5). Presentan la textura más lisa de todos los grupos, es decir, la que corresponde a grano muy fino. Además, es característico que contengan estructuras similares a “anillos de Liesegang” en su pátina color anaranjada constituidas por bandas de color alternante claro-oscuro que se disponen concéntricas. Presentan fractura concoidea y dureza elevada. En muchas de ellas se pueden diferenciar dos zonas: zona encajante de naturaleza carbonatada y sílex.

Descripción microscópica: el porcentaje en sílice y carbonatos es variable entre las distintas muestras, pero presentan de manera dominante alto contenido de cuarzo y calcita. En menor proporción, se observa calcedonita (*length-fast*) y cuarcina (*length-slow*). Muy ocasionalmente contiene coloides y opacos.

La zona de la roca encajante (Fig. 3B) presenta matriz micrítica de calcita con bioclastos de radiolarios y espículas junto con fragmentos de posibles foraminíferos, entre otras formas difíciles de identificar. El interior de ellos está relleno por calcita micrítica o cuarzo de aspecto difuso. El contacto entre esta zona y la del sílex es difuso, se observa un proceso gradual y lento de reemplazamiento del material precursor calcítico por sílice (Fig. 3C). La zona de sílex se muestra silicificada parcialmente (Fig. 3D), exhibiendo una matriz de cuarzo microcristalino con extinción ondulante y relictos micríticos de calcita. En ella se encuentran dispuestos al azar: cristales de calcita romboédricos de exfoliación, clastos de cuarzo detrítico, esferulitos de

calcedonita en sección oblicua. Además, se advierten foraminíferos Globigerínidos (Fig. 3E), cuya estructura interna ha sido reemplazada por coloides marronáceos isótropos, además se visualizan radiolarios y espículas en sección transversal/longitudinal. Las cavidades se muestran rellenas de cuarzo o calcedonita (*length-fast*).

En cuanto a su clasificación, como todas las muestras responden a una mayor o menor silicificación de rocas anteriormente carbonatadas, cabe utilizar las clasificaciones propias de estas rocas precursoras. Así, según Folk (1962) correspondería con una roca biomicrítica y según la clasificación de Dunham (1962) se trataría de wackestone. Cabe destacar que, cerca de los minerales opacos cúbicos, posibles piritas, se han formado esferulitos de cuarzo (*length-slow*). Esta observación es relevante ya que, mediante un proceso de oxidación de estos posibles sulfuros, se pudieron producir las condiciones necesarias para que precipite este mineral sin hacer falta un medio evaporítico, como suele ser lo habitual (Mandado, com. pers., 2022).

El lítico RSM-11 presenta diferencias con respecto a las otras muestras. Está constituido por un lodo arcilloso y escasos restos carbonatados que podrían responder a una caliza biomicrítica (Folk 1962) con textura mudstone (Dunham, 1962), silicificada casi en su totalidad por cuarzo micro y criptocrystalino, apenas se conservan evidencias de su composición calcítica. Presenta fracturas y radiolarios cuyo interior han precipitado por cuarzo sacaroideo e inclusiones de cristales de posibles dolomitas romboédricas, de alto relieve y de color marrón por alteración a óxidos de hierro (Fig. 3F).

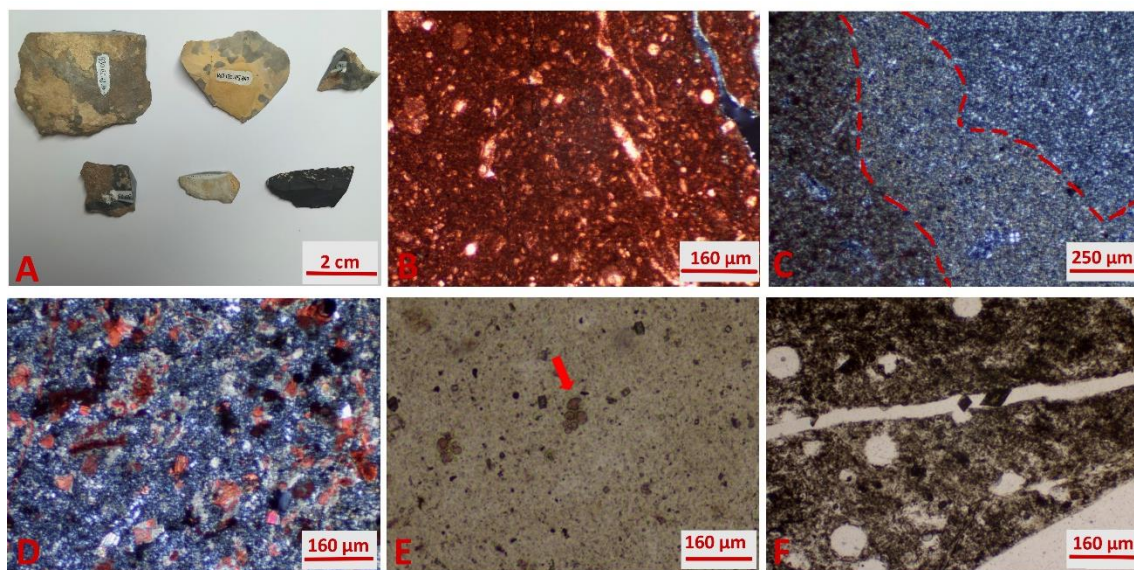


Figura 3. **A)** Muestras de visu: RSM-18, RSM-1, RSM-27, RSM-30, RSM-3, RSM-11. **B)** Matriz calcítica del encajante con radiolarios (circulares) **C)** Paso gradual entre la roca encajante y el sílex. **D)** zona del sílex silicificada parcialmente. **E)** Foraminífero planctónicos Globigerínidos reemplazados por coloides. **F)** Muestra RSM-11 en la que se aprecia su matriz con radiolarios y fracturas con cristales de dolomita.

Litotipo III. (RSM-22); Clasificación: Silexita blanca porosa. (SlxBp).

Descripción macroscópica: (Fig. 4A) Ilustra un color blanco (N8), con evidencias de paso de fluidos que dejaron marcas de colores marronáceas. La pieza tiene un tacto pulverulento muy fino, es absorbente, posee densidad muy baja, una alta fragilidad y fractura concoidea.

Descripción microscópica: el cuarzo ocupa un 35% en volumen a partir de su análisis modal, sus variedades fibrosas cuarcina (*length-slow*) y calcedonita (*length-fast*) se presentan en un 20%. También se observa un 30% de carbonato micrítico mezclado con arcillas y un 10% de cristales de yeso y celestina. Por último, se estima un 5% de opacos.

En la lámina delgada se percibe gran porosidad y heterogeneidad textural. La composición y tamaño de la matriz varía de unas zonas a otras, apreciándose zonas microcristalinas en mosaico de cuarzo sacaroideo con extinción ondulante junto con cuarcina (*length-slow*) (Fig. 4B) y zonas marrones oscuras que aún conservan la estructura primaria micrítica de carbonato con arcillas. Se advierte laminación paralela (Fig. 4C) de material carbonatado micrítico y arcillas con marcas de bioturbación curvadas (Pérez, 2010). Cerca de estas marcas, se presenta una característica muy significativa para la identificación del litotipo, ya que hay presentes cristales pseudomorfos de pequeñas lenticulas de yeso (Fig. 4D) y cristales de celestina (Fig. 4E) que han sido reemplazados por micrita arcillosa o variedades de sílice.

En determinadas zonas se contemplan coloides marronáceos de alto relieve que presentan un aspecto gelatinoso y/o botroidal constituidos por sílice, mezclados con óxidos y arcillas que le confieren un aspecto turbio e isótropo. El paso de unas zonas a otras es gradual, pudiéndose observar zonas centrales incoloras y cristalinas, constituidas por cristales de cuarcina (*length-slow*) o cuarzo ondulante, mientras que hacia los bordes la coloración grada hacia tonos marrones oscuros y los coloides se vuelven isótropos. La sílice tiende a expulsar las impurezas hacia las partes más distales, y en ocasiones, se evidencian sucesiones que podrían interpretarse como procesos rítmicos que originarían estructuras concrecionales (Fig. 4F). Su porosidad está rellena por mosaicos de cuarzo microcristalino flameado (Fig. 4G), o por cristales de calcedonita (*length-fast*). Estos últimos presentan un aspecto fibroso esferulítico o helicoidal, con contorno hexagonal debido a que los cristales han podido crecer libremente sin interferir demasiado unos de otros (Fig. 4H) (Bustillo, 1976).

La roca se debió de formar en un ambiente evaporítico. Lo indica la presencia de cuarcina y calcedonita helicoidal, que se forman a partir de silicificación de evaporitas (Bustillo, 1976). Otros indicios o evidencias lo proporcionan los cristales de celestina, pues la fuente de estroncio suele proceder de la disolución de formaciones evaporíticas (Pérez, 2010). Los pseudomorfos de yeso son otro indicativo que apoya la misma hipótesis. Cabe destacar que la fragilidad de la pieza, su coloración y la alta porosidad de la roca podrían asociarse a la alta presencia de arcillas de carácter absorbente, bien sea de tipo paligorskita, sepiolita o algún tipo de esmectita, sin embargo, no se han realizado estudios de difracción de rayos X que puedan dar mayor información.

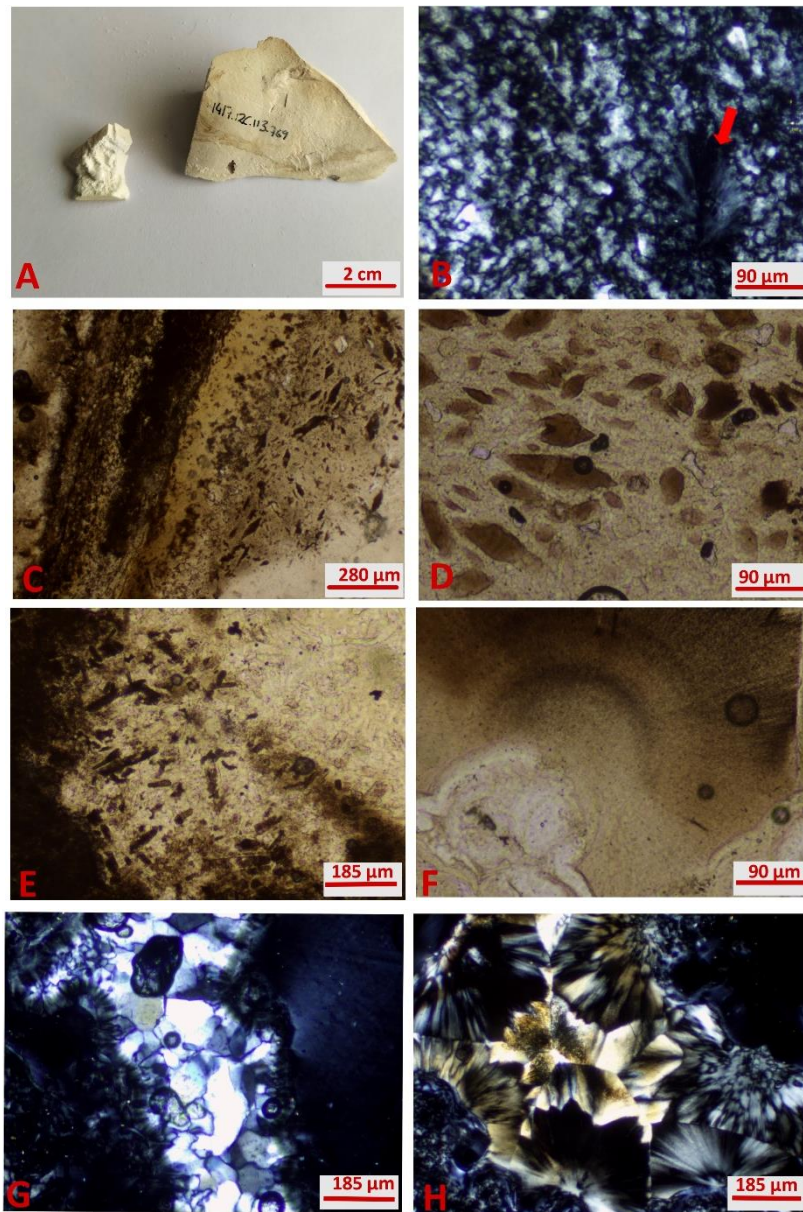


Figura 4. **A)** Aspecto macroscópico de la pieza. **B)** Matriz de cuarzo sacaroideo. La flecha marca un esferulito de cuarcina. **C)** Laminación paralela con cristales pseudomorfos de yeso reemplazados por micrita. **D)** Aspecto de detalle de los cristales pseudomorfos de yeso reemplazados por coloides. **E)** Cristales de celestina reemplazados por micrita en el interior de una estructura de bioturbación curvada. **F)** Estructura concrecional formada por coloides. **G.** Cementación drúsica de relleno de porosidad. El primer tapizado lo conforman coloides (oscuros e isótopos). El segundo es relleno por cuarzo microcristalino. **H)** Relleno de porosidad por cristales de calcedonita pseudo hexagonales.

Litotipo IV. (RSM-28); Clasificación: Silexita en drusa (SlxDr)

Descripción macroscópica: Presentan un color blanco rosado pálido (7,5YR 8/1) con moteado de gran cantidad de impurezas oscuras de color marrón y vetas milimétricas de cuarzo. Exponen una superficie ligeramente rugosa (grano fino), alta dureza y fractura concoidea.

Descripción microscópica: 70% cuarzo, 20% carbonato, 10% calcedonita (*length-fast*).

El Litotipo se caracteriza por presentar una disposición tipo drusa (Fig. 5B). La zonificación mineralógica comienza en la parte más externa con cristales alineados de carbonato, seguidos hacia el interior por cristales de cuarzo en mosaicos, de crecimiento competitivo dispuestos en empalizada. El área más interna la conforma cuarzo en mosaico sacaroideo que ha sufrido sucesivas etapas de crecimiento (Fig. 5C), restos de matriz micrítica y calcedonita (*length-fast*). Ésta variedad de cuarzo se puede presentar en forma de esferulito cuyo contorno exterior es pseudohexagonal (Fig. 5D).

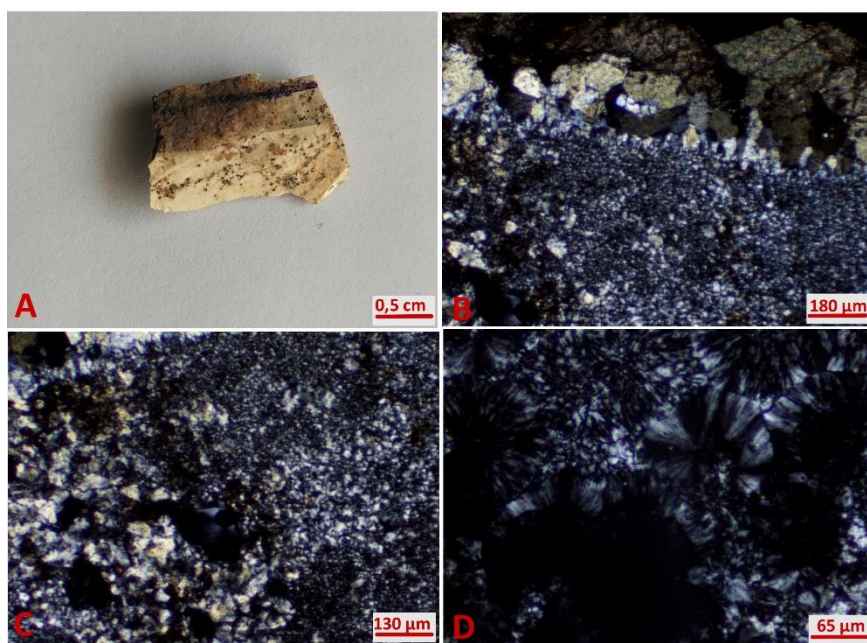


Figura 5. **A)** Aspecto macroscópico de la pieza. **B)** Disposición en drusa (carbonato-cuarzo-cuarzo sacaroideo y calcedonia). **C)** Cuarzo sacaroideo que ha sufrido diferentes etapas de crecimiento. **D)** Relleno de huecos por esferulitos de calcedonia (*length-fast*).

Litotipo V. (RSM-17); Clasificación: Silexita de carofitas (SlxCf)

Descripción macroscópica: (Fig. 6A) Sílex blanco (N8) con impurezas moteadas claras y algas carofitas, superficie lisa y opaco. Posee un tamaño de grano muy fino, fractura concoidea y alta dureza.

Descripción microscópica: 50% cuarzo, 30% carbonato, 15% variedad calcedonita, 5% minerales opacos.

Su textura (Fig. 6B) está formada principalmente por carbonato micrítico, arcillas y cuarzo criptocrystalino, en determinadas zonas aumenta su tamaño por haber sufrido varias etapas de crecimiento. La silicificación es parcial variando de forma difusa entre zonas con un 15-20% a otras que puede alcanzar un 70% en las que abunda materia orgánica y arcillas y escaso

carbonato. Es característica la presencia a lo largo del conjunto de fragmentos de oogonios y talos en sección longitudinal/transversal de algas caráceas (Fig. 6C). Sus paredes están rellenas de cristales de cuarzo en empalizada y, aunque en la mayoría sus núcleos conservan porosidad primaria o están rellenos de cuarzo criptocristalino, en algunos casos se aprecia cementación tipo *rim*, que crece progresivamente de cristales de cuarzo criptocristalinos en su zona borde a mosaicos de cuarzo flameado de mayor tamaño en su centro (Fig. 6D). Al presentar alta porosidad, las oquedades de la muestra presentan rellenos secundarios de calcedonita esferulítica.

La presencia de estas algas indica que el sistema en el que se formó sería continental lacustre de agua dulce y su gran acumulación indica condiciones de alta energía.

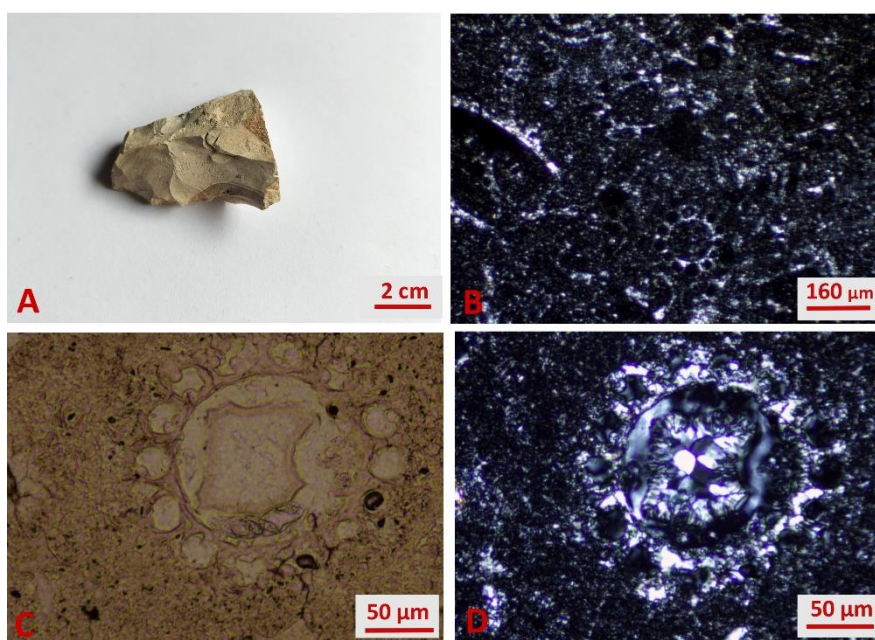


Figura 6. **A)** Aspecto macroscópico de la pieza. **B)** Textura general de la roca. **C)** Carofita en la que se observa su porosidad cementación tipo *rim* **D)** ídem. se observa el ópalo que pasa a cuarzo microcristalino y después flameado.

Litotipo VI. (RSM-16, RSM-23, RSM-32 y RSM-34); Clasificación: Silexita marrón (SlxMa).

Descripción macroscópica: (Fig. 7A) Material lítico que presenta una coloración heterogénea marronácea (10YR 6/2); 10YR 6/3) con variaciones azuladas y grises e inclusiones moteadas blancas, liso de grano fino. Posee fractura concoidea y alta dureza.

Descripción microscópica: 35% cuarzo, 30% carbonato, variedad de cuarzo (calcedonita) 20%, coloides 10% y opacos 5%.

Presentan una matriz (Fig. 7B) constituida por cristales de cuarzo, calcedonita (*length-fast*) y carbonato micrítico. El cuarzo muestra textura en mosaico sacaroideo microcristalino con extinción ondulante que, en ocasiones, al igual que la calcedonita, tiene un aspecto difuso y sus cristales gradan a tamaños mayores por haber experimentado diferentes etapas de crecimiento. Entre la matriz se pueden distinguir cristales de carbonato dolomítico (Fig. 7C) (en un 25-30%) (de hasta 0,3mm) cuya apariencia varía de romboédrica sucia, con exfoliación marcada en dos direcciones, a cristales euhedrales o incluso grumosos según la intensidad de los procesos de disolución. Se reconocen, aunque en muy pequeña proporción (entorno un 1%), bioclastos

correspondientes a caparzones de bivalvos (Fig. 7D) cuyo tapizado aún conserva su composición carbonatada. Se distinguen rellenos de oquedades y fracturas de cuarzo flameado y calcedonita (Fig. 7E y 7F) (0,1mm) de baja birrefringencia, elongación negativa y aspecto fibroso, que además de rellenar las zonas porosas, también lo hace en los núcleos de los bivalvos. Como en otros litotipos, se diferencian coloides marronáceos de morfología gelatinosa, en determinadas zonas también botroidal, de alto relieve e isótropo. Finalmente, se aprecian minerales opacos de aspecto grumoso y microcristalinos.

El grupo se inscribiría en la clasificación de Folk (1962) de las rocas carbonatadas, categorizándose como calizas micríticas fosilíferas con dolomita y en la clasificación de Dunham (1962) con textura wakestone. Que posteriormente sufrió una dedolomitización y silicificación avanzada.

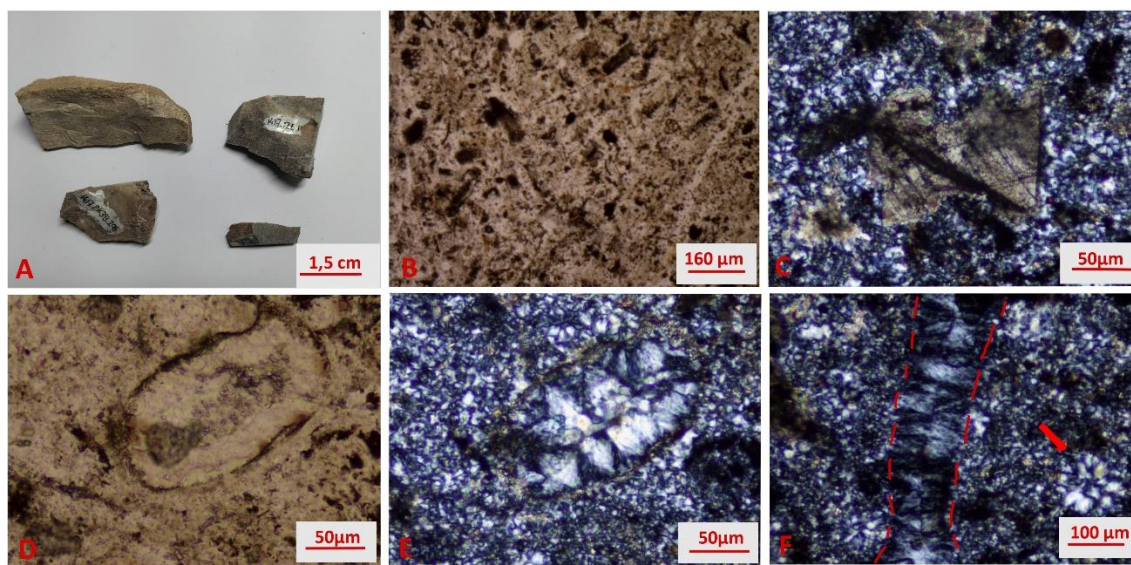


Figura 7. **A)** Muestras de las piezas macroscópicas: RSM-16, RSM-23, RSM-32, RSM-34. **B)** Textura general de la roca. **C)** Cristal de dolomita rómbico parcialmente disuelto en el que se observan los dos planos de exfoliación. **D)** y **E)** Bioclasto de concha de bivalvo cuyo tapizado aún conserva su estructura primaria, su interior es relleno de calcedonita (length-fast). **F)** Fractura con relleno secundario de calcedonita, a su derecha esferulito de calcedonita en sección oblicua.

Litotipo VII. (RSM-33); Clasificación: Litoarenita roja con alto contenido en hierro (Lit).

Descripción macroscópica: (Fig. 8A) luce una coloración roja (10R 4/6) homogénea debido a la alta concentración de óxidos de hierro. Es opaco con superficie rugosa. Presenta un tacto granuloso, pero de tamaño de grano muy fino con fractura irregular.

Descripción microscópica: Se trata de una roca detrítica con un 25% de matriz, 15% de cemento carbonatado, 57% esqueleto y 3% de porosidad intergranular.

Presenta una textura (Fig. 8B) grano-soportada constituida por una matriz micrítica-arcillosa de coloración rojiza debido a su alta impregnación de impurezas de óxidos de hierro, un esqueleto conformado por clastos de composición fundamentalmente silíceo y bioclastos carbonatados. Su cemento es micrítico de calcita. Y posee porosidad intergranular que en ocasiones es parcialmente rellena por óxidos de hierro.

Su esqueleto (Fig. 8C) está formado por clastos de cuarzo monocristalino de hábito anhedral, algunos han sido corroídos, presentan un tamaño medio de 0,15 mm y están bastante bien seleccionados (arena fina, Wentworth, 1922). Entre estos detríticos, contiene igualmente, pero en menor cantidad clastos de feldespato potásico (ortosa) sericitizados que presentan ocasionalmente maclado de Carlsbad con tamaño 0,3mm. Se observan algunos cristales de moscovita de morfología tabular, en pajuelas de tamaño aproximado 0,1mm y algunos fragmentos de carbonato (0,2mm) parcialmente disueltos. Entre los bioclastos que componen el esqueleto (la mayoría fragmentados) se encuentran: microforaminíferos de difícil identificación y conchas en forma de filamentos de bivalvos. Estos restos, generalmente preservan la estructura del tapizado del caparazón, siendo reemplazado por óxidos de hierro. Según la clasificación de las arenitas modificada por Pettijohn *et al.* (1972) la muestra RSM-20 corresponde a una litoarenita.

La presencia variada de bioclastos marinos, junto con detríticos bien seleccionados podría indicar que su ambiente de formación sería un sistema de playa distal.



Figura 8. A) Muestra macroscópica. B) Textura de la roca en la que se observa la matriz arcillosa con clastos de cuarzo detríticos. C) Zona en la que se observa en la parte central un bioclasto de concha de bivalvo y a su alrededor cemento carbonatado, además de clastos de cuarzo detrítico.

Litotipo VIII. (RSM-20, RSM-24, RSM-26); Clasificación: Cuarzograuvaca (QGrv).

Descripción macroscópica: (Fig. 9A) rocas granudas al tacto con fractura de corte limpia, de textura masiva y colores variables grises verdosos (5GY 4/1); (5GY 5/1). Presentan una costra carbonatada de color marrón claro.

Descripción microscópica: (Fig. 9B y 9C) se trata de rocas detríticas cuyo tamaño de grano puede alcanzar los 0,3mm (arena media, Wentworth, 1922). El esqueleto representa el 70-80% del total, constituido por 95% de clastos de cuarzo, 1% de feldespatos y 4% de fragmentos líticos además de minerales pesados como circones, turmalina y opacos. Los granos silicatados con morfología subesférica y angular, muestran escasa granoselección, conformando la textura granosostenida. Tiene matriz fina que constituye el 20-30% de su total, conformada por arcillas

que se muestran opacificadas por la presencia de óxidos de hierro. Contiene cuarzo en fracción limo.

Según la clasificación de las arenitas modificada por Pettijohn *et al.* (1972) la muestra RSM-20 corresponde a una cuarzograuvaca.



Figura 9. A) Muestras macroscópicas de: RSM-20, RSM-24 y RSM-26. B) Textura de la roca en la que se observa su matriz arcillosa con clastos de cuarzo subesféricos y subangulosos. C) Ídem. Nícoles cruzados.

Litotipo IX. (RSM-5, RSM-13 y RSM-29) Clasificación: Cuarzoarenita (QArnt)

Descripción macroscópica: (Fig. 10A) rocas microgranudas al tacto con textura masiva, de colores variables ocres (10YR 4/4), fractura de corte limpia.

Descripción microscópica: se trata de rocas detríticas granudas con tamaño medio de grano 0,09mm (arena muy fina, Wentworth, 1922). Están constituidas por clastos de cuarzo (95%), minerales pesados (turmalina y circón) (4%) y feldespatos (1%). Presentan buena granoselección y textura granosostenida. El esqueleto representa el 90% en volumen.

Los granos de cuarzo son monocristalinos, subesféricos, subangulosos y subredondeados, raramente presentan extinción ondulante. La matriz forma el 10% de las rocas. Es arcillosa y sus minerales han progradado hasta formar algunas pajuelas de micas blancas (Fig. 10B).

La pieza RSM-5 (Fig. 10C) muestra algunas diferencias con respecto a las dos anteriores debido a que, aunque presenta la misma estructura, constitución y porcentajes composicionales, los contactos entre los granos de cuarzo son alargados y compactos, manifestando una orientación marcadamente preferente de sus componentes, efecto de presiones dirigidas que evidencian los efectos de reestructuración textural propia de procesos metamórficos de bajo grado. Además, el cuarzo presenta en algunos cristales con extinción ondulante y manifestaciones de una ligera recrystalización con bordes interpenetrados.

Según la clasificación de modificada por Pettijohn *et al.* (1972) las rocas RSM-13 y RSM-29 corresponden a cuarzarenitas, mientras que la roca RSM-5 sería un meta-cuarzoarenita.



Figura 10. **A)** Muestras macroscópicas: RSM-5, RSM-13 y RSM-29. **B)** Textura de cuarzoarenita en la que se observa la matriz arcillosa juntos con los clastos de cuarzo. En la parte superior de la izquierda se muestran micas recrecidas. **C)** Textura de metacuarzoarenita con dirección preferente

Litotipo X. (RSM-6, RSM-10, RSM-19, RSM-7, RSM-31, RSM-8, RSM-14, RSM-4, RSM-15, RSM-25, RSM-31); Clasificación: cuarcitas (cuarc).

Descripción macroscópica: (Fig. 11A) rocas de tacto escasamente granudo (grano fino), más bien lisas de colores variables pasando de tonos blancos a marronáceos e incluso prácticamente negros. Algunas presentan costra carbonatada de tono claro y marronáceo c. En general presentan cierto brillo, textura vítrea y fractura limpia de corte afilado.

Descripción microscópica: a esta escala se individualizan hasta seis variedades, pero en común presentan cuarzo como mineral dominante que muestra signos de recristalización metamórfica, alcanzando en todos los casos más de un 96%. El resto lo constituyen algunos cristales de feldespatos, turmalina, circón, clorita, biotita y moscovita. Muestran una textura granoblástica, generalmente con distribución unimodal, pero atendiendo a su tamaño y evidencias de recristalización y/o a la presencia de algunos minerales metamórficos, se les ha dividido en 6 subgrupos.

Subgrupo 1 (RSM-6, RSM-10, RSM-19) (Fig. 11B): Las muestras macroscópicas de esta agrupación poseen los colores más grisáceos (N7-N8) de todo el litotipo. En microscopio, muestran una textura en mosaico inequigranular de cristales de cuarzo subangulosos de tamaño 0,1 mm, en ellos se observan zonas puntuales con cemento syntaxial. También se aprecia una cantidad considerable de moscovitas de hasta 0,2 mm de longitud y formada por minerales de la arcilla que han recrecido o progradado. En determinadas zonas parecen mostrar cierta orientación preferente y en otras se muestran orientadas al azar.

Subgrupo 2 (RSM-7) (Fig. 11C): Su pieza macroscópica presenta un color marronáceo rojizo (5YR 3/3). Microscópicamente, los cristales de cuarzo de tamaño en torno a 0,1 mm. muestran una disposición en mosaico equigranulares, contactos netos poligonales. Los minerales accesorios son de tamaño inferior a 0,2mm (micas alteradas, turmalina, circón y opacos).

Subgrupo 3 (RSM-31) (Fig. 11D): Su muestra de mano posee el color gris más oscuro, prácticamente negro (N2,5). A microscopio, muestra textura granopórfidoblástica ligeramente

inequigranular de cristales de cuarzo subangulosos de hasta 0,25mm, con extinción ondulante que muestran cierto grado de interpenetración. Sus bordes suturados han sufrido procesos secundarios de disolución-recristalización y migración de bordes por efecto sintectónico, que remarca el carácter heteroblástico de la recristalización. Muestran una orientación preferente por presiones dirigidas sin llegar a tener foliación penetrativa. La microestructura se ve modificada por la presencia de cristales de silimanita (hasta 3mm) de variedad fibrolítica, incoloros a marronáceos de relieve alto, y birrefringencia correspondiente a la segunda mitad del primer orden de interferencia, que se disponen en agregados fibrosos a modo de nodulizaciones. Las evidencias de recristalización sintectónica junto con la mineralogía específica indica que la roca experimentó un metamorfismo regional intenso asociado a la facies anfibolita.

Subgrupo 4 (RSM-8 y RSM-14) (Fig. 11E): Macroscópicamente muestran colores ocres (2,5Y 6/2). Microscópicamente, los granos de cuarzo conforman una textura granoheteroblástica, en la que sus cristales muestran una morfología alargada por la deformación de presiones dirigidas, la mayoría presentan extinción ondulante, bandas de deformación con bordes suturados. El subgrupo sufrió procesos de milonización-cataclasis (metamorfismo dinámico) formando microgranulados y recrecimientos de cuarzo. Estas rocas experimentaron deformación por tensionamiento, consecuente recristalización sintectónica y orientación de granos originando la textura orientada que se observa. A diferencia del caso anterior no contiene otros minerales metamórficos que puedan indicar su grado de metamorfismo.

Subgrupo 5 (RSM-4, RSM-15 y RSM-25) (Fig. 11F): En muestra de mano presentan colores grises muy oscuros (N3), pero de un tono más claro que el subgrupo 3. En microscopio, los cristales de cuarzo son subesféricos de tamaño variable, extinción ondulante, bordes suturados y recristalizados, de forma coronítica, contribuyendo a un marcado carácter heteroblástico bimodal. Componen una microtextura en mortero originada por disolución precipitación, también denominada “*core and mantle*” (Blenkinsop, 2000).

Subgrupo 6 (RSM-21) (Fig. 11G y 11H): A escala de *visu* muestra una coloración blanquecina (N8). Microscópicamente, los cristales de cuarzo forman una textura en mosaico marcadamente heteroblástico, alcanzando algunos varios milímetros de tamaño, con diversas evidencias de recristalización dinámica que afectan a los bordes, pero también a su interior. Así, se observan microtexturas intracristalinas, como recrecimientos coroníticos, microgranulaciones y subgranos, bandas de deformación muy marcadas y cristales parcheados con extinciones fuertemente ondulantes. De forma circunstancial, la roca tiene rellenos de fractura de carbonato y clorita deformada que podrían haberse movilizado en zonas de cizalla.

Por tanto, este litotipo conformado por los seis subgrupos, atendiendo a las características observadas correspondería a cuarcitas.

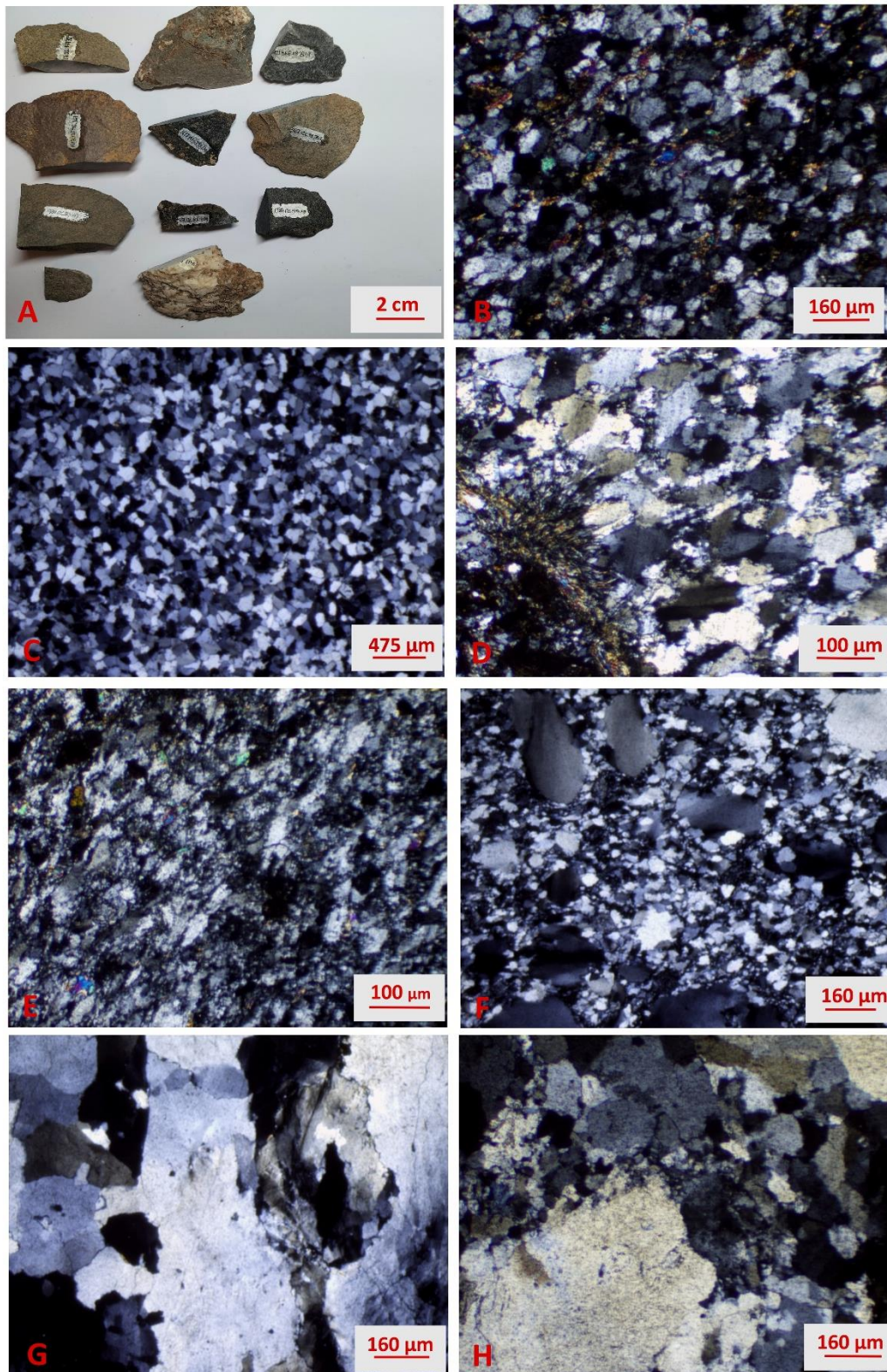


Figura 11. **A)** Muestras macroscópicas: RSM-6, RSM-10, RSM-19, RSM-7, RSM-31, RSM-8, RSM-14, RSM-4, RSM-15, RSM-25 y RSM-21. **B)** Subgrupo 1. Se aprecia la cantidad de micas recrecidas entre los cristales de cuarzo. **C)** Subgrupo 2. Textura en mosaico equigranular de cristales de cuarzo **D)** Subgrupo 3. Textura granopórfidoblástica con bordes suturados y recrecidos de cuarzo. Abajo a la izquierda apréciase los agregados fibrosos de Silimanita **E)** Subgrupo 4. Textura granoheteroblástica de cristales de cuarzo con bordes suturados y orientación preferente **F)** Subgrupo 5. Textura "Core and mantle" **G)** y **H)** Subgrupo 7. Evidencias de recrystalización dinámica y microtexturas intracristalinas.

Litotipo XI. (RSM-12); Clasificación: corneana pelítica alterada (Cor).

Descripción macroscópica: (Fig. 12A) presenta un color marrón verdoso claro (5y 6/3) una foliación poco desarrollada con orientación preferente de agregados planares dentro de una matriz sin orientación y esquistosidad continua y gruesa. Muestra lentejones de cristales grises y porfidoblastos más oscuros. Su tipo de estructura es caracterizada por una esquistosidad no uniforme y poco penetrativa con una fábrica plano-lineal.

Descripción microscópica: presenta una textura granolepidoporfidoblástica (Fig. 12B) desarrollada en una matriz microcristalina de minerales de arcilla y cuarzo. Los porfidoblastos que la componen (Fig. 12B y 12C), en orden de abundancia, son nodulizaciones de biotita, andalucita/cordierita y cuarzo. De forma dispersa, por su matriz se identifican microcristales grumosos, posiblemente minerales del grupo de la epidota (Fig. 12D). Como minerales accesorios contiene moscovita y opacos. Su microestructura confirma su disposición orientada observada macroscópicamente como esquistosidad, a la vez que cronológicamente ésta se ve interrumpida por el crecimiento de nodulizaciones.

Las observaciones microscópicas ayudan a interpretar el carácter polimetamórfico experimentado por esta roca. Inicialmente a partir de un sedimento pelítico se originó un esquisto, propio de un metamorfismo regional de bajo grado (zona de biotita, facies esquistos verdes). Superpuesto a éste, se sucedió un metamorfismo de contacto que obliteró la textura original formando los porfidoblastos de andalucita/cordierita transformándola en una corneana pelítica. Finalmente, a día de hoy, se encuentra completamente retrogradada y alterada por oxidación y rubefacción.

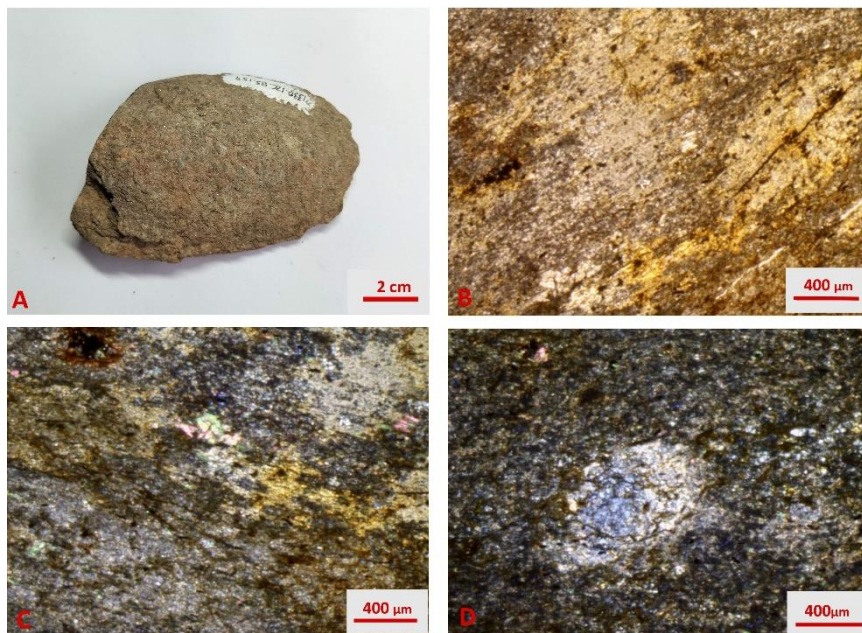


Figura 12. A) muestra de visu RSM-12. B) y C) porfidoblastos de andalucita/cordierita y biotitas orientados perfectamente, reflejando su textura granolepidoporfidoblástica. En la parte central de la C) también se observan cristales de moscovita de segundo orden. D) cristal del grupo epidota, posiblemente clinozoisita. Además, pueden observarse microcristales de cuarzo presentes en la matriz.

Litotipo XII. (RSM-9); Clasificación: riolita (Rio)

Descripción macroscópica: (Fig. 13A) se trata de una roca volcánica con índice de color leucocrático (N8), su contenido en máficos es próximo al 10-15%. Su textura es afanítica (tamaño de grano muy fino <1 mm), inequigranular porfídica ya que a simple vista se observan fenocristales blancos rectangulares de feldespato alcalino y oscuros alargados de biotita.

Descripción microscópica: Su textura general (Fig. 13B) es holocristalina hipidiomófica inequigranular marcadamente bimodal porfídica. Presenta una composición modal de fenocristales en una proporción del 20% y mesostasia del 80%. Los fenocristales son de cuarzo (47%), plagioclasa sódica (25%), feldespato potásico (15%). Minerales accesorios: biotitas (5%), cloritas (5%) y opacos (3%).

Los cristales de plagioclasas (Fig. 13C) tienen aspecto idiomorfo/subidiomorfo con maclado polisintético y con lamelas de repetición de espesor muy fino, por lo que se asocian a una composición alcalina. Los cristales de feldespato alcalino (Fig. 13D) con hábito idiomorfo cuadrangular presentan maclado de Carlsbad y podrían corresponder a sanidinas. El cuarzo de hábito anhedral se encuentra tanto en la mesostasia como en fenocristales. Las biotitas (Fig. 13E) tienen un color pardo, hábito subhedral y algunas presentan una familia de planos de exfoliación perfecta. La mayoría han sido parcialmente alteradas a clorita (cloritización) y casi totalmente han sufrido una fuerte oxidación que las opacifica. También se observan cristales de circón en su interior o en sus bordes generando halos pleocroicos.

La mesostasia está constituida por un agregado microcristalino donde abunda el cuarzo sin descartar que igualmente contenga una cierta cantidad de feldespato alcalino. Contiene además opacos dispersos. Generalmente este tipo de textura, con tendencia felsítica, denota la presencia previa de un vidrio que se ha desvitrificado.

La clasificación de rocas volcánicas de Streckeisen (1980) aplicada a este grupo con componentes félsicos mayoritarios de cuarzo (Q) y feldespato alcalino, incluyendo plagioclasa sódica (A) y en menor proporción plagioclasa $An > 10$ (P) corresponde a una riolita.

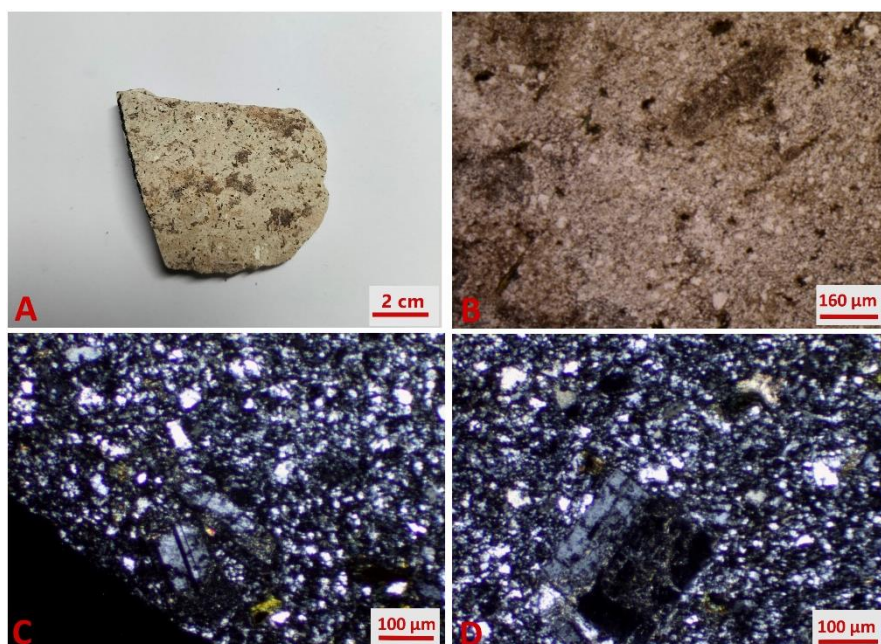




Figura 13. **A)** Muestra de visu RSM-9. **B)** Textura general de la roca. **C)** Plagioclasas con maclado lamelar. También se observa la matriz de cuarzo microcristalino. **D)** Cristal idiomorfo de feldespato alcalino con maclado de Carlsbad. **E)** Cristal de biotita a la izquierda, se observa su familia de planos de exfoliación perfecta. A su derecha se muestra un cristal de clorita.

5.2. Análisis de la muestra del afloramiento de la presa de Sopeira.

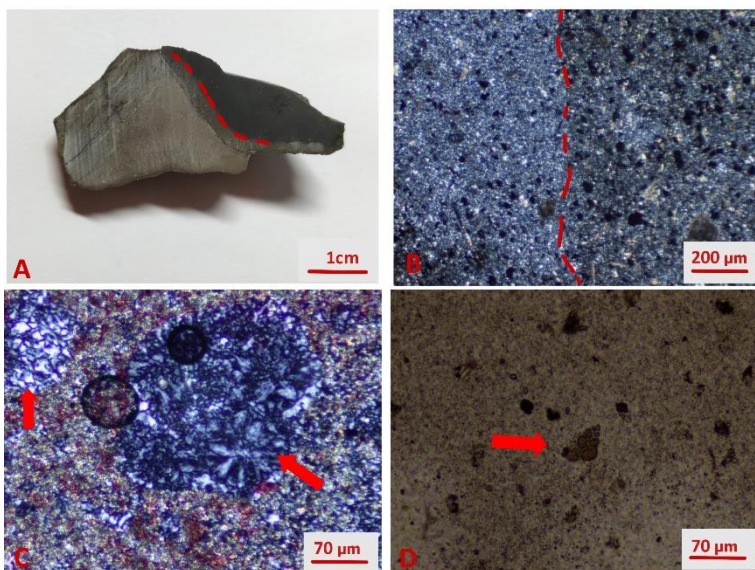
El sílex encontrado en las proximidades del yacimiento arqueológico aparece interestratificado como nódulos de morfología alargada o lobular en calizas de la Formación Anserola (Cretácico medio-superior). Sus niveles más continuos pueden llegar a alcanzar los 25 cm. Este material se caracteriza por presentar color negro y superficie lisa debido al tamaño de grano muy fino que posee. Además, muestra una buena fractura concoidea. Las tres muestras tomadas responden a la misma litología, por lo que se aprovechó la zona de contacto entre el sílex y la roca carbonatada encajante de una de ella para realizar la lámina delgada.



Figura 14. Imagen de nódulos de sílex in situ en la Fm. Anserola.

Tras el análisis microscópico de la muestra del afloramiento (SO4), se ha podido determinar que las piezas líticas estudiadas correspondientes al litotipo II, comparten las suficientes características con esta muestra del afloramiento para poder argumentar que han sido extraídas de esa formación: mismo reemplazamiento del encajante por sílex, textura, matriz, componentes mineralógicos y microforaminíferos. Y por tanto este estudio confirma la hipótesis de partida del aprovechamiento de los materiales sílexíticos de este área fuente.

Figura 16. **A)** Muestra SO4. Se señala en rojo el cambio neto de reemplazamiento del encajante (caliza) por sílex de coloración gris oscuro. **B)** Cambio neto de una zona a otra, con componentes carbonatados a la derecha **C)** reemplazamiento de calcita (teñida con alizarina roja S por calcedonia en la zona central, arriba a la izquierda se muestra la matriz de cuarzo sacaroideo. **D)** Idéntico foraminífero planctónico presente en las demás muestras del grupo sílex de variedad de grises (litotipo II).



5.3. Análisis la industria lítica.

Mediante los datos recogidos y clasificados en la tabla 2 y tabla 3 del anexo II, se han podido realizar los siguientes gráficos comparativos de los diferentes niveles (gráfico 1, gráfico 2, gráfico 3 y gráfico 4) entre los dispares litotipos constituidos por cada variedad de industria lítica.

Las consideraciones de tipo arqueológico que pueden extraerse son las siguientes:

-El nivel SLN presenta mayor variedad litológica que el nivel MLP. Mientras en el nivel más antiguo hay presentes nueve agrupaciones, en el más moderno se contemplan todas las diversidades.

-En el nivel más moderno al aumentar los litotipos de sílex, disminuyen los demás tipos de rocas. Lo que hace patente una diversificación en la selección y ampliación de conocimientos por parte de los neandertales de las rocas sílexíticas, y una mayor selección a la hora de elegir las otras variedades de rocas. Atendiendo a los nuevos grupos que aparecen en el nivel MLP más modernos, su cantidad de líticos aparecen en proporciones similares.

-En los dos niveles, el sílex dominante corresponde al grupo de variedad gris (litotipo II), seguido del sílex de variedad marronácea (litotipo VI). Y en cuanto al tipo de roca no sílexítica imperante pertenece al grupo de las cuarcitas (litotipo X), seguido del grupo de las grauvacas (litotipo VIII).

-La proporción de útiles cambia, observándose mayor cantidad en el nivel SLN en todos los grupos, llegados al punto de que sólo haya de ellos, como ocurre en el caso de las corneanas pelíticas alteradas y riolitas. Arqueológicamente, que haya mayor proporción de útiles en el nivel más moderno, significa que pasaron de tallar y confeccionar las materias primas en el propio yacimiento a hacerlo mayoritariamente fuera del mismo, y traer las que les fueran más funcionales al lugar (Domingo y Montes, com. pers.).

-La cantidad de lascas disminuye drásticamente, aumentando la proporción de microlascas. Ocurre lo mismo con el sílex que proviene de la presa de Sopeira, al tallarlo predominan las microlascas (Domingo, com. pers.).

-En el nivel MLP, por orden de mayor a menor abundancia: sílex gris (litotipo II) (39,56%)> cuarcitas (litotipo X) (23,08%)> cuarzograuvacas (litotipo VIII) (12,65%)> sílex marrón (litotipo VI) (12,36%)> cuarzoarenitas (litotipo IX) (5,22%)> corneanas pelíticas alteradas (litotipo XI) (4,39%)> riolitas (litotipo XII) (1,92%)> Sílex con carofitas (litotipo V) (0,55%)> sílex beige (litotipo I) (0,27%).

-En el nivel SLN, por orden de mayor a menor abundancia: sílex gris (litotipo II) (37,01%)> sílex marrón (litotipo VI) (23,58%)> cuarcitas (litotipo X) (11,38%)> Sílex con carofitas (litotipo V) (6,8%)> sílex beige (litotipo I) (6,79%)> cuarzograuvacas (litotipo VIII) (6,45%)> cuarzoarenitas (litotipo IX) (3,9%)> corneanas pelíticas alteradas (litotipo XI) (1,87%)> sílex blanco poroso (litotipo III) (1,36%)> sílex en drusa (IV) (0,34%)> litoarenitas (VII) (0,34%)> riolitas (XII) (0,17%).

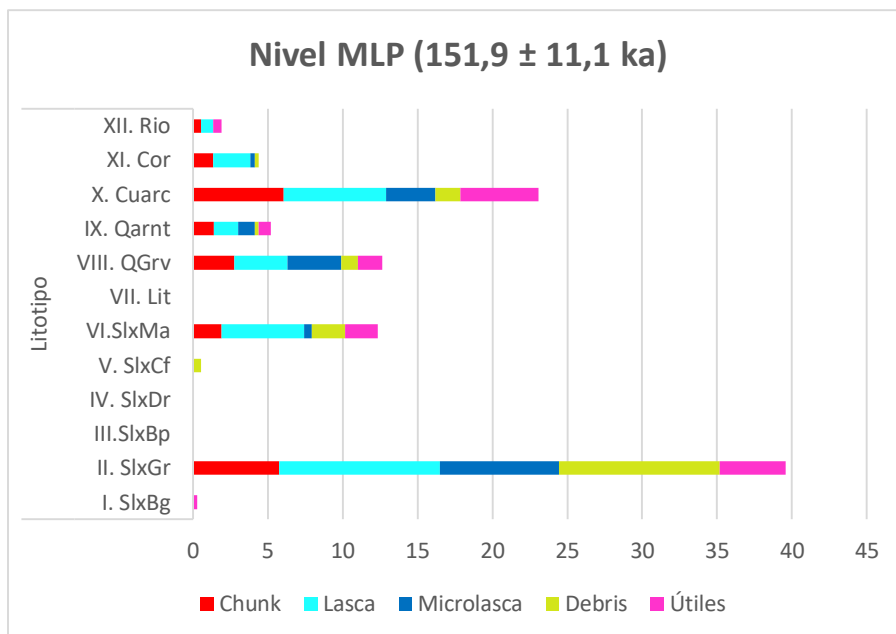


Gráfico 1.
Porcentajes de los diferentes litotipos con sus respectivos tipos de industria lítica del nivel MLP

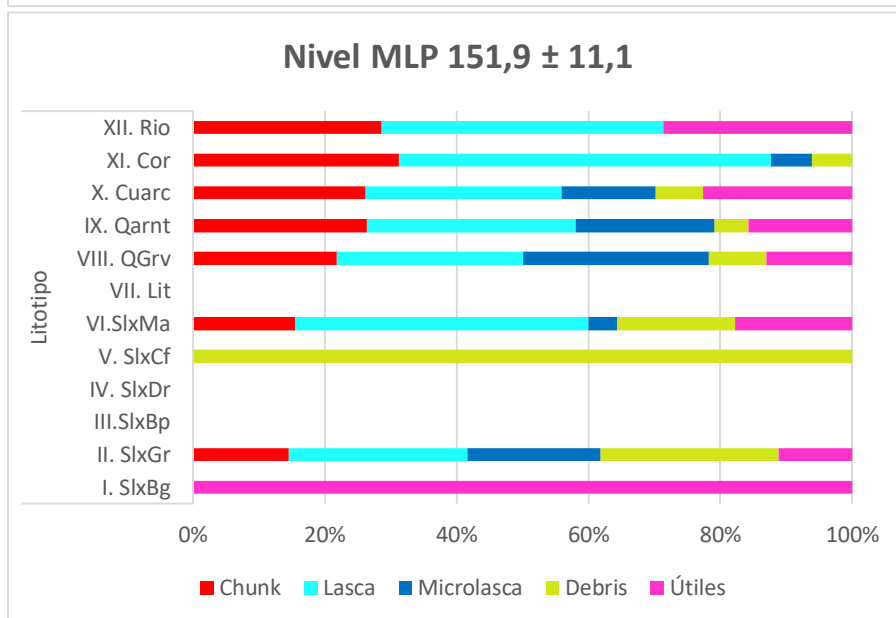


Gráfico 2. .
Porcentaje de cada tipo de lítico sobre cien en cada litotipo

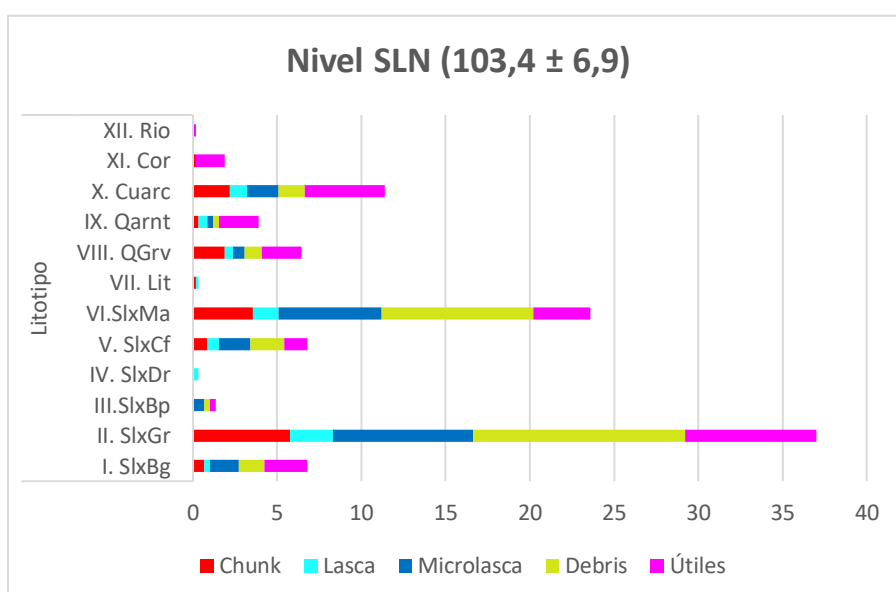


Gráfico 3. Se muestran los porcentajes de los diferentes litotipos con sus respectivos tipos de industria del nivel SLN.

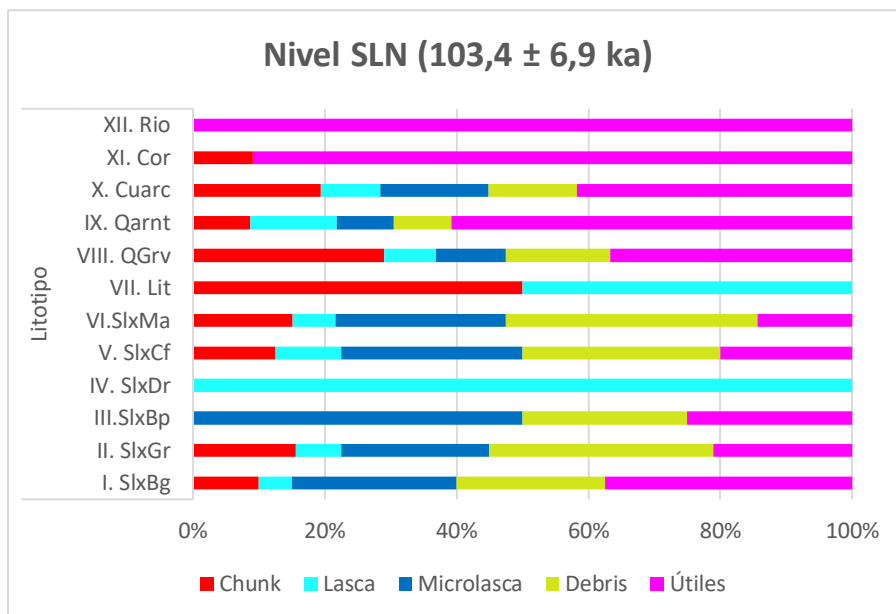


Gráfico 4. Porcentaje de cada tipo de lítico sobre cien en cada litotipo en el nivel SLN.

5.4. Análisis de la terraza Qt5.

Las 100 muestras de mano provenientes de cantos en la terraza Qt5 se contabilizaron agrupándose macroscópicamente en diferentes tipos de roca (Tabla 1), expresándose de forma visual en el gráfico 5.



Figura 15. Área de la terraza analizada.

Los cantos correspondientes a areniscas y cuarcitas son los más abundantes, siendo ligeramente superior la cantidad de éstas últimas. Entre ambos tipos de rocas alcanzan el 55% del total de las muestras. A continuación, se sitúan los granitos con un 16% del total. Corneanas, conglomerados y pizarras se encuentran en una proporción aún menor con 12%, 9% y 6% respectivamente. Aunque los cantos más escasos son los pertenecientes a riolitas (2%).

Los resultados de este análisis ayudan a confirmar la hipótesis de los arqueólogos en cuanto al aprovechamiento de ciertos cantos rodados: del antiguo cauce del río Noguera Ribagorzana, para elaborar útiles. Sin embargo, la falta de rocas silexíticas y carbonatadas en la terraza apunta a la utilización de otro tipo de aprovisionamiento de materia lítica. La identidad petrológica con las rocas de otros afloramientos cercanos, como el estudiado situado a 7km del yacimiento, pone de manifiesto no solo su utilización, sino además el grado de conocimiento de las características técnicas que este material silíceo les aportaba.

Tabla 1. Número obtenido de cada tipo de roca extraída en la terraza Qt5.

	Conglomerados	Areniscas	Granitos	Riolitas	Corneanas	Pizarras	Cuarcitas
Número	9	26	16	2	12	6	29

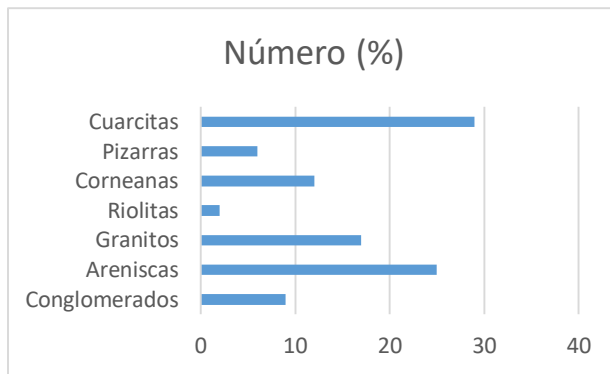


Gráfico 5. Porcentajes de las rocas encontradas en la terraza Qt5.

6. Conclusiones.

Neanderthal lithic tools found in the archaeological site of Roca San Miguel (Arén, Huesca) have been classified into 12 different lithotypes composed of sedimentary rocks (cherts, lithoarenites, quartzgreywackes and quartzarenite), igneous rocks (rhyolites) and metamorphic rocks (quartzites, altered pelitic hornfels). Through the petrological analysis, a comparison between cherts from the nearest outcrop and lithic tools made of chert has been carried out. Lithotype II is identical to autochthonous chert, whereas other cherts groups must be allochthonous, being in agreement with the archaeological hypothesis. The results of the lithological analysis on pebbles of the Qt5 terrace of Noguera Ribagorzana river are also in coherence with the archaeological hypothesis, of having been used of a source of supply for lithic industry other than chert. Finally, comparative statistical analysis between both chronological levels shows an evident expansion of the lithic industry in terms of diversity of cherts and a greater selection when choosing the materials of the fluvial terrace.

7. Agradecimientos.

En primer lugar, me gustaría agradecer a mis tutores, a Arsenio Muñoz por ofrecerme este TFG, porque en un principio no había conseguido ningún tema y él me brindó esta oportunidad. También darle las gracias póstumas por guiarme, darme las pautas necesarias y ayudarme para poder realizar una gran parte de trabajo que finalmente no he incorporado a la memoria. A Pilar Lapuente por hacerse cargo del proyecto y dedicarme tantas horas, ayudarme en la identificación de muestras, así como guiarme en la redacción del mismo. A los arqueólogos Lourdes Montes y Rafael Domingo, por darme la ocasión de realizar esta investigación y hacerme ver la Geología desde otro punto de vista diferente y bonito. A Juan Mandado por enseñarme aspectos más allá de la identificación del sílex. A los técnicos del Servicio General de Apoyo a la Investigación (SAI) de la Universidad de Zaragoza. A todos los profesores de la Facultad de Geología, por enseñarme tanto a lo largo del Grado y proporcionarme las bases y conocimientos de la Geología. Finalmente, darle las gracias a mi familia por apoyarme en los momentos duros, cuando pensaba que el momento de acabar la carrera no llegaría.

8. Bibliografía.

Arbey, F. (1980): Les formes de la sílice et l'identification des evaporites dans les formations silicifiées. *Bulletin des Centres de Recherches Exploration-Production Elf-Aquitaine*, 4: 309-365.

Blenkinsop, T. (2000): Microstructural Shear Sense Criteria. En: *Deformation Microstructures and Mechanisms in Minerals and Rocks* (Kluwer Academic Publishers, eds.). Springer Dordrecht, Zimbabwe, 65-69.

- Bustillo, M. A. (1976): Texturas de las rocas silíceas inorgánicas en ambiente continental y significado genético. *Estudios geológicos*, 32: 371-383.
- Bustillo, M. A. (1980): Diagénesis de sílex. *Revista de Investigaciones Geológicas*, 34: 237-248.
- Bustillo, M. A. y La Iglesia, A. (1979): Sílex: Relación entre índices de cristalinidad y ambientes de sustitución. *Boletín Geológico y Minero*, 96: 588-594.
- Domingo, R. y Montes, L. (2016): El asentamiento musteriense al aire libre de Roca San Miguel (Arén, Huesca). En: *I Congreso de Arqueología y Patrimonio Aragonés (CAPA)*. Prehistoria y Arte Rupestre, 1, 17-23.
- Dunham, R. (1962): Classification of Carbonate Rocks According to Depositional Textures. En: *Classification of Carbonate Rocks* (Ham, W.E., ed.). The American Association of Petroleum Geologists, United States, 108-121.
- Folk, R. (1962): Spectral Subdivision of Limestone Types. En: *Classification of Carbonate Rocks* (Ham, W.E., ed.). The American Association of Petroleum Geologists, United States, 62-84.
- García, L. M. (2019): *Sílex y territorio en la Cuenca del Ebro: los sílex Monegros y Evaporítico del Ebro vs. Las variedades locales durante la Prehistoria*. Tesis Doctoral, Universidad de Zaragoza, 400 p.
- López, F., Ardévol, L. (1994): *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 251 (Arén) y memoria*. IGME, Madrid. 84 p.
- Merino, J.M. (1994): Temas tipológicos y tecnológicos. En: *Tipología lítica* (Sociedad de Ciencias Aranzadi, eds.). Munibe, San Sebastián, 310-335.
- Montes, L., Domingo, R., Sampietro, M.M., Medialdea, A. y Peña, J.L. (2021): El yacimiento musteriense de Roca San Miguel (Arén, Prepirineo de Huesca). *Cuaternario y Geomorfología*, 35: 99-117.
- Muñoz, J.A. (1992): *Estructura alpina i herciniana a la vora sud de la zona axial del Pirineu Oriental*. Tesis Doctoral, Universidad De Barcelona, 227 p.
- Peña, J.L. (1983): *La Conca de Tremp y las Sierras Prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana*. Tesis Doctoral, Instituto de Estudios Irlendenses, 373 p.
- Pérez, 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, Universidad Complutense de Madrid, 336 p.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E. y Siever, R. (1972): *Sand and sandstone*. Springer-Verlag, New York, 618 p.
- Roy, M. (2016): *Materias primas líticas y su explotación durante la Prehistoria en el prepirineo oriental (NE de Iberia)*. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 195 p.
- Streckeisen, A. (1980): Classification and nomenclature of volcanic rocks, lamprophyres, carbonatites and melilitic rocks IUGS Subcommission on the systematics of Igneous Rocks. *Geologische Rundschau*, 69: 194-20.
- Wentworth, C. K. (1922): A scale of grade and clase terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.

Anexo I.

Tabla 1. Recopilación de las características más significativas de los litotipos.

Litotipo	Macroscopía					Microscopía				
	Aspecto	Tacto	Grano	Estructuras	Fractura	Componente principal	Componente accesorio	Estructuras	Materia Orgánica	Bioclastos
I. SlxBg	Beige con impurezas moteadas	Ligeramente rugoso	Fino	-	Concoidea	Cuarzo Calcedonita Coloides	Carbonato Opacos	Concrecionales	Ausente	Bivalvos Foraminíferos
II. SlxGr	Gris claro- negro	Muy liso	Muy fino	Anillos de Liesegang	Concoidea	Calcita Cuarzo Calcedonita	Cuarcina Coloides Opacos	Ausentes	Presente en algunos casos	Radiolarios y espículas Foraminíferos
III. SlxBp	Blanco	Pulverolento	Muy fino	Paso de fluidos	Concoidea	Carbonato Cuarzo Calcedonita Cuarcina	Yeso Celestina Opacos	Laminación paralela Concrecionales	Presente	Ausentes
IV. SlxDr	Blanco rosado con impurezas moteadas	Ligeramente rugoso	Fino	-	Concoidea	Cuarzo Carbonato	Calcedonita	Drusa	Ausente	Ausentes
V. SlxCf	Blanco con carofitas	Liso	Muy fino	-	Concoidea	Cuarzo Carbonato Calcedonita	Opacos	Ausentes	Presente	Algas carofitas
VI. SlxMa	Marrón con variaciones azules y grises con impurezas moteadas	Liso	Fino	-	Concoidea	Cuarzo Calcita Dolomita Calcedonita	Coloides Opacos	Ausentes	Ausente	Bivalvos Foraminíferos
VII. Lit	Rojo	Rugoso	Muy fino	-	Irregular	Cuarzo Calcita Óxidos de Fe	Opacos	Ausentes	Ausente	Radiolarios Bivalvos Foraminíferos
VIII. QGrv	Gris verdoso	Rugoso	Medio	-	Irregular	Cuarzo	Turmalina Circón Feldespato Opacos	Ausentes	Ausente	Ausentes
IX. Qarnt	Ocre	Rugoso	Fino	-	Limpia	Cuarzo	Turmalina Circón Feldespato Opacos Micas	Ausentes	Ausente	Ausentes
X. Cuarc	Gris- marrón-rojizo- ocre-negro-blanco	Liso	Fino	-	Limpia	Cuarzo	Turmalina Circón	Ausentes	Ausente	Ausentes

							Silimanita Micas Feldespato			
XI. Corc	marrón claro con pofidoblastos grises y micas	Rugoso	Grueso	-	A favor de planos de esquistosidad	Cuarzo Andalucita/Cordierita Biotita	Epidota Moscovita Opacos Óxidos	Ausentes	Ausente	Ausentes
XII. Rio	Blaco con cristales de feldespato potásico y negros	Rugoso	Medio	-	Irregular	Cuarzo Plagioclasa Feldespato alcalino	Biotita Clorita Opacos	Ausentes	Ausente	Ausentes

Anexo II.

Nivel MLP 151,0±11,1 ka	Litotipo											
	I. SlxBg	II. SlxGr	III. SlxBp	IV. SlxDr	V. SlxCf	VI. SlxMa	VII. Lit	VIII. QGrv	IX. QArnt	X. Cuarc	XI. Cor	XII. Rio
Chunk	0	21 (5,77%)	0	0	0	7 (1,92%)	0	10 (2,76%)	5 (1,38%)	22 (6,04%)	5 (1,37%)	2 (0,55%)
Lasca	0	39 (10,71%)	0	0	0	20 (5,49%)	0	13 (3,57%)	6 (1,65%)	25 (6,87%)	9 (2,48%)	3 (0,82%)
Microlasca	0	29 (7,97%)	0	0	0	2 (0,55%)	0	13 (3,57%)	4 (1,1%)	12 (3,3%)	1 (0,27%)	0
Debris	0	39 (10,71%)	0	0	2 (0,55%)	8 (2,2%)	0	4 (1,1%)	1 (0,27%)	6 (1,65%)	1 (0,27%)	0
Útiles	1 (0,27%)	16 (4,4%)	0	0	0	8 (2,2%)	0	6 (1,65%)	3 (0,82%)	19 (5,22%)	0	2 (0,55%)
Total	1 (0,27%)	144 (39,56%)	0	0	2 (0,55%)	45 (12,36%)	0	46 (12,65%)	19 (5,22)	84 (23,08%)	16 (4,39%)	7 (1,92%)

Tabla 2. Resultados con sus respectivos porcentajes del nivel MLP.

Nivel SLN 103,4±6,9 ka	Litotipo											
	I. SlxBg	II. SlxGr	III. SlxBp	IV. SlxDr	V. SlxCf	VI. SlxMa	VII. Lit	VIII. QGrv	IX. QArnt	X. Cuarc	XI. Cor	XII. Rio
Chunk	4 (0,68%)	34 (5,77%)	0	0	5 (0,85%)	21 (3,56%)	1 (0,17%)	11 (1,87%)	2 (0,34%)	13 (2,21%)	1 (0,17%)	0
Lasca	2 (0,34%)	15 (2,55%)	0	2 (0,34%)	4 (0,68%)	9 (1,53%)	1 (0,17%)	3 (0,51%)	3 (0,51%)	6 (1,02%)	0	0
Microlasca	10 (1,7%)	49 (8,32%)	4 (0,68%)	0	11 (1,87%)	36 (6,11%)	0	4 (0,68%)	2 (0,34%)	11 (1,87%)	0	0
Debris	9 (1,53%)	74 (12,56%)	2 (0,34%)	0	12 (2,04%)	53 (8,99%)	0	6 (1,02%)	2 (0,34%)	9 (1,53%)	0	0
Útiles	15 (2,55%)	46 (7,81%)	2 (0,34%)	0	8 (1,36%)	20 (3,39%)	0	14 (2,37%)	14 (2,37%)	28 (4,75%)	10 (1,7%)	1 (0,17%)
Total	40 (6,79%)	218 (37,01%)	8 (1,36%)	2 (0,34%)	40 (6,8%)	139 (23,58%)	2 (0,34%)	38 (6,45%)	23 (3,9%)	67 (11,38%)	11 (1,87%)	1 (0,17%)

Tabla 3. Resultados con sus respectivos porcentajes del nivel SLN.