

Materias primas líticas

Antonio TARRIÑO

Xavier TERRADAS

-
1. Introducción
 2. El sílex como recurso lítico en la prehistoria
 3. Utilización de los recursos en la prehistoria
 4. Estrategias de captación de materias primas
 5. Técnicas analíticas
 6. Ejemplo: captación y difusión del sílex en el cantábrico y pirineo occidental
 7. Conclusión
 8. Bibliografía
-

1. INTRODUCCIÓN

La principal característica que diferencia a los humanos del resto de los seres vivos es el empleo de herramientas. Les garantiza el éxito en sus posibilidades de supervivencia, y para conseguirlas se ha de servir de los recursos naturales que encuentra en su entorno. A partir de su caracterización y conocimiento se obtiene información valiosa sobre los modos de vida.

El aprovechamiento que se ha realizado de estos recursos ha variado con el paso del tiempo. Mientras que en los periodos más antiguos (Paleolítico y Mesolítico) se transformó la morfología de las rocas para obtener soportes de herramientas, en el Neolítico se desarrollaron estrategias destinadas a obtener recursos minerales más apropiados (minería), algunos manipulados para preparar las materias primas y someterlas a complejos procesos técnicos para explotar sus propiedades de manera óptima (cerámica). Finalmente, en los últimos periodos de la Prehistoria (Edad de los metales) y con la metalurgia, se desarrollan complejos sistemas de captación y explotación de los recursos minerales.

Tal es la importancia de la explotación de los recursos minerales a lo largo de la Prehistoria, y la riqueza y perdurabilidad de sus consecuencias en el registro arqueológico, que desde el inicio de la investigación arqueológica se estableció una periodización de la Humanidad en base a los métodos de explotación desarrollados. El término Paleolítico (del griego, piedra antigua), se acuñó para denominar las industrias elaboradas a partir de la talla de rocas por parte de las sociedades cazadoras-recolectoras. El Neolítico (del griego, piedra nueva), englobaba industrias elaboradas a partir del pulimento de la piedra, por parte de sociedades con una subsistencia basada en la agricultura y la ganadería. El desarrollo de prácticas metalúrgicas especializadas en distintos metales y aleaciones (cobre, bronce e hierro) dio lugar a la denominación de Calcolítico, Edad del Bronce y Edad del Hierro.

2. EL SÍLEX COMO RECURSO LÍTICO EN LA PREHISTORIA

Actualmente se está acostumbrado a vivir en un mundo dominado por objetos confeccionados en plástico, metal, vidrio, hormigón y otros materiales sintéticos. Este hecho motiva que no sea fácil darnos cuenta que la piedra ha sido el principal y más importante recurso mineral utilizado por los humanos durante su existencia.

Toda actividad humana se desarrolla sobre el sustrato geológico del territorio donde habita y aprovecha los recursos que éste ofrece. En este sentido recurso es cualquier elemento que se obtiene del medio ambiente natural. Puede ser utilizado por la sociedad para satisfacer una necesidad o llevar a cabo una empresa, y se clasifican en: a) bióticos (relativos a los seres vivos) y b) abióticos (relativos a los componentes del medio ambiente inanimados o sin vida). Si se toma como criterio de clasificación la utilidad de los recursos abióticos se ordenan en:

- Recursos energéticos.
- Recursos minerales:
 - Minerales no metálicos:
 - Líticos (sílex, rocas tenaces, materiales ornamentales, etc.).
 - Minerales de la arcilla (materiales cerámicos).
 - Minerales metálicos (oro, cobre, estaño, hierro, etc.).
- Recursos hídricos.
- Recursos edáficos.
- Recursos culturales y paisajísticos.

Todos ellos son importantes y necesarios para el desarrollo de cualquier actividad humana, ya sea prehistórica o actual.

Entre las materias primas líticas utilizadas en la Prehistoria se pueden encontrar «rocas duras» que abarcan todo el espectro petrogenético: rocas ígneas (plutónicas, como las graníticas, o volcánicas, como los basaltos y obsidiana, etc), metamórficas (como las cuarcitas) y sedimentarias (como las silíceas, lutitas, etc). Además de poseer un tamaño adecuado deben poseer algunas propiedades que favo-

rezcan su explotación, como una fractura apropiada y una tenacidad y dureza suficiente, para poder conseguir sus propósitos tecnológicos.

Las rocas silíceas de origen sedimentario no detrítico, denominadas comúnmente sílex, han sido la materia prima básica de la Prehistoria en Europa occidental. Poseen excelentes cualidades para la talla y sus afloramientos, aunque discretos, se encuentran ampliamente distribuidos en terrenos sedimentarios. El interés que ofrece para su estudio se debe a que es un tipo de material idóneo para poder llegar a deducir cuál es su procedencia, además de ser los restos arqueológicos que mejor perduran. A partir de su investigación se puede conocer cómo se movían las gentes, qué áreas de influencias poseían y, en definitiva, lo que suponía el entramado de la adquisición, transformación y uso de dichos recursos, información que de otro modo pasaría en gran parte inadvertida.

Estas rocas silíceas aparecen normalmente en forma de nódulos, cuerpos lenticulares o masas botroidales, todas ellas incluidas en otras rocas denominadas rocas encajantes. Pueden formarse por varios procesos genéticos muy diferentes, aunque el más habitual consiste en el reemplazamiento o silicificación diagenética. Se forman en la práctica totalidad de los contextos geológicos, tanto continentales como marinos ya sean superficiales o profundos. Constituyen una pequeña proporción del volumen total de las rocas sedimentarias de la Tierra.

El sílex es sílice sedimentaria constituida por cuarzo, moganita y ópalo con pequeñas cantidades de impurezas añadidas:

- Cuarzo (SiO_2): es uno de los minerales más abundantes de la corteza terrestre. Se genera en todos los ambientes (sedimentario, ígneo y metamórfico). Cristaliza en el sistema cristalino hexagonal. Posee un brillo que puede variar de vítreo a graso. Presenta fractura concoide, no tiene ningún tipo de exfoliación y es inalterable y duro (7 en la escala de Mohs). Las variedades granulares (microcuarzos) y fibrosas (calcedonias), presentan cierto contenido en agua (inferior al 0,3% en las formas microcristalinas que puede llegar hasta el 2,0% en las formas fibrosas). Es el componente más abundante de los sílex que aparecen en las Cuencas sedimentarias Mesozoicas y Cenozoicas.
- Moganita (SiO_2): mineral que se presenta con las variedades fibrosas de la sílice (Flörke *et al.* 1976; Grice y Ferraris 2000). Se trata de un polimorfo monoclinico micro-criptocristalino que aparece como un componente habitual en muestras naturales de rocas silíceas sedimentarias.
- Ópalo ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$): no posee una estructura cristalina definida (amorfo). A menudo su aspecto externo es botroidal y estalactítico. Presenta brillo vítreo y tacto resinoso, siendo sus colores muy variables. Presenta menor dureza (5-6,5 en la escala de Mohs) y peso específico que las variedades microcristalinas del cuarzo y mayor cantidad de agua con contenidos que normalmente se encuentran comprendidos entre el 3 y el 9% en peso (Graetsch 1994). Aparece fundamentalmente en las cuencas sedimentarias más recientes (Cenozoicas), generalmente asociadas a la presencia de arcillas o a procesos de alteración. No suele ser muy empleado en la prehistoria por su menor dureza y tenacidad y una fractura generalmente más quebradiza.
- Componentes no silíceos: el contenido no silíceo de un sílex es lo que se denomina como impurezas. Las más importantes son: minerales de la arcilla, carbonatos, sulfatos, óxidos y sulfuros de hierro, materia orgánica, agua y granos de minerales terrígenos detríticos como cuarzo y minerales pesados (zircón, opacos, etc.). Estos componentes generalmente son minerales que ya se encontraban presentes cuando se produce la silicificación, de modo que suelen ser los componentes relictos de las rocas encajantes al quedar incorporados en los sílex. En las muestras de procedencia geológica estas impurezas pueden presentarse con grandes porcentajes (de hasta el 50%), pero en los de procedencia arqueológica excepcionalmente superan contenidos del 5% (Tarriño 2006).

3. UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS EN LA PREHISTORIA

El desarrollo material de cualquier proceso productivo se inicia a partir de unas materias primas, en las cuales se perciben ciertas condiciones y propiedades útiles acordes a sus posibilidades de transformación, aprovechamiento y uso por parte de los grupos humanos. La manufactura del instrumental lítico a lo largo de la Prehistoria no es ajena a dicha circunstancia, y son justamente dichas condiciones y propiedades las que pueden llegar a determinar la explotación y uso de ciertas materias primas en detrimento de otras.

La identificación de las rocas y minerales empleados en la producción de las herramientas de piedra suele ser el primer requisito analítico para reconocer las materias primas explotadas, así como para adscribir su origen a una formación geológica y a un lugar geográfico concreto. El objetivo que guía la investigación es obtener información que permita aproximarse a los grupos humanos que explotaron estas materias primas. Dicho de otro modo, los datos que ofrezcan estas cuestiones son los que permitirán sobrepasar la información empírica contenida en los artefactos, para, por ejemplo, formular hipótesis acerca de la movilidad y desplazamientos de los grupos sociales estudiados y realizar aproximaciones a su territorio y al modo de gestión de sus recursos. En suma, interrogarse sobre la organización de los procesos productivos de la sociedad y su desarrollo tecnológico.

Sin embargo, no todas estas cuestiones pueden ser resueltas únicamente mediante la caracterización de la materia prima y la determinación de sus fuentes de aprovisionamiento. Para trascender la simple realidad empírica contenida en los artefactos se debe construir un modelo teórico sobre la realidad sujeta a estudio. A partir del desarrollo de instrumentos conceptuales pertinentes y de una metodología apropiada, el modelo debería permitir desarrollar una teoría arqueológica particular sobre la causalidad esencial de los conjuntos líticos estudiados, así como sobre su singularidad histórica.

Dicho modelo ya ha sido objeto de publicaciones específicas (Terradas 2001) por lo que ahora únicamente se presentarán sus premisas básicas:

- La explicación del tipo de aprovisionamiento de materias primas es indisoluble del resto de estrategias organizativas que rigen la dinámica socio-económica de los grupos sociales estudiados.
- Dichas estrategias corresponden a la solución que adoptan las comunidades prehistóricas para la producción de su instrumental lítico. En dicho ciclo productivo pueden distinguirse —*grosso modo*— tres procesos: el aprovisionamiento de materias primas, su transformación en útiles y el uso de dicho instrumental.
- La manifestación fenoménica que adopte la implementación de cualquier estrategia corresponde a la resolución que adquiera en cada caso la combinación de los siguientes factores: a) las necesidades sociales, b) la oferta medioambiental expresada en la disponibilidad de materias primas y c) la capacidad tecnológica de los agentes sociales para satisfacer las necesidades sociales a partir de la oferta medioambiental. El papel predominante en la configuración final de dichas estrategias corresponde a las necesidades sociales que motivaron su diseño y los contextos espacio-temporales en los que se materializó su desarrollo.
- Dichos procesos pueden desarrollarse en contextos muy distintos y lejanos entre sí, tanto a nivel geográfico como temporal, dando opción a operaciones simples o complejas de reutilización y reciclaje de las producciones. En dichas estrategias pueden participar los mismos agentes de principio a fin, o bien pueden intervenir distintos agentes, a nivel individual o colectivo, con distintas finalidades, funciones y niveles de competencia técnica.
- Las necesidades sociales sólo pueden ser aprehendidas a partir de la determinación de los objetivos de la producción, para lo que es imprescindible la realización del análisis funcional del instrumental lítico. Esta técnica permitirá determinar en cada caso cuáles fueron los productos buscados y cuáles derivaron de la consecución de los primeros (Briz *et al.* 2005).

La asunción de dichas premisas ofrece un marco que posibilita la integración de las interpretaciones formuladas a partir del estudio del registro arqueológico.

4. ESTRATEGIAS DE CAPTACIÓN DE MATERIAS PRIMAS

A continuación se expone la propuesta metodológica para la caracterización de las estrategias de aprovisionamiento de materias primas en la Prehistoria. Un ejemplo de recurso mineral puede ser el conjunto de afloramientos de sílex de una formación geológica concreta, definida por cuerpos de rocas caracterizadas por propiedades litológicas comunes que, a su vez, las diferencian de las adyacentes. Esta formación tiene una edad, una distribución espacial y una potencia estratigráfica conocida y reconocible, y su condición de recurso viene dada por su explotación humana en la Prehistoria.

La identificación concreta de una materia prima vendrá dada por sus particularidades litológicas. Igualmente, la recurrencia de dichos rasgos en materias primas similares será lo que permitirá otorgar una adscripción a un recurso mineral (formación geológica) común. Al mismo tiempo, la variabilidad

litológica de las rocas en el seno de una misma formación presentará elementos discriminantes respecto a los identificados en rocas similares adscritas a otras formaciones. Para todo ello es preciso recurrir a técnicas analíticas específicas cuya aplicación facilitará los datos pertinentes para confirmar dichas atribuciones con suficiente rigor científico.

La determinación de las áreas de aprovisionamiento pasa por la identificación previa de dichas materias. De este modo las fases del estudio son:

- identificación y caracterización de las materias primas representadas en el conjunto arqueológico sujeto a estudio,
- localización de aquellos afloramientos geológicos susceptibles de haber sido utilizados como zonas de aprovisionamiento y
- comparación entre los resultados obtenidos en las dos etapas anteriores con el objetivo de confirmar el origen geológico y geográfico de las materias primas representadas en el conjunto arqueológico.

El primero de estos pasos supone la realización de una clasificación previa de los distintos tipos de materias primas a partir de criterios litológicos y texturales. Esta clasificación puede realizarse de muchos modos, a veces con un carácter preliminar —*a visu*—, otras con un carácter ya más definitivo, en base a su estudio petrológico detallado. Esto supone su estudio desde el punto de vista de los procesos de formación, considerando sus propiedades físicas, texturales, mineralógicas y químicas, así como sus asociaciones espaciales y cronológicas.

Para la asociación de los tipos de materias primas establecidos a sus formaciones geológicas originales (afloramientos en posición primaria) o a otras que derivaron del desmantelamiento, transporte y re-sedimentación de las formaciones originales (afloramientos en posición secundaria), es preciso disponer de elementos de comparación de naturaleza similar que cubran un amplio espacio geográfico. Para ello es imprescindible un buen conocimiento de las formaciones geológicas de la región considerada. La obtención de documentación relativa a la disponibilidad de materias primas en ese ámbito geográfico puede realizarse de varios modos.

La consulta de bibliografía específica y de mapas temáticos permite elaborar una primera relación de aquellas formaciones geológicas en las que sea posible hallar representadas las rocas identificadas previamente a partir de los materiales arqueológicos. Esta aproximación otorga un panorama general sobre la geología del territorio, sus manifestaciones litológicas, su edad y distribución geográfica.

Una visita a dichas formaciones proporciona las muestras de comparación pertinentes, siendo necesario, en cualquier caso, mantener un cierto rigor en el momento de seleccionar las muestras, precisando y documentando convenientemente su contextualización geológica así como su lugar exacto de recogida. Una prospección más detallada sobre dichas formaciones aportará información adicional sobre la variabilidad de las rocas representadas, ya sea en relación a su naturaleza (propiedades de la materia prima, morfología de la roca, etc. o a la estimación relativa de su disponibilidad).

En cualquier caso, esta estrategia de investigación aportará información precisa sobre los posibles orígenes de una o varias materias primas concretas. Es decir, aportan información útil para llegar a determinar las áreas-fuente de ciertas rocas, pero no nos proporciona una información más general sobre el contexto geológico ni sobre la disponibilidad de otras rocas. Por dicho motivo, la interpretación se limitará a establecer las fuentes y el tipo de aprovisionamiento, sin que en ningún momento se pueda aproximar a los criterios que motivaron dicha elección en detrimento de otras ofertas, o al grado de conocimiento que tenían los grupos estudiados sobre el territorio y la disponibilidad de sus recursos.

Para subsanar dichas deficiencias la mejor solución pasa por la constitución de litotecas regionales (Terradas *et al.* 2012). De este modo, se lleva a cabo un registro sistemático de todas las formaciones geológicas y de todas sus litologías. Los trabajos de campo requieren de una documentación previa, que posibilita la visita dirigida hacia afloramientos de los que ya existan columnas estratigráficas y estudios. Los puntos de interés (secuencias estratigráficas ya conocidas u otras nuevas, toma de muestras, elementos singulares, etc.) se georeferencian mediante un GPS, lo que permite volcar las coordenadas sobre un Sistema de Información Geográfica.

Asimismo, en todos estos puntos de interés es conveniente realizar un registro de los afloramientos documentados que recoja sistemáticamente aquella información relativa a su identificación, acceso, georeferenciación, contexto geológico, litologías documentadas, evidencias de explotación antrópica, documentos gráficos asociados, toma de muestras, análisis practicados, etc. Todos estos datos, junto

con otros procedentes del estudio de las muestras, se vuelcan en una base de datos relacional. A grandes rasgos, ésta es la metodología que se está implementando en el marco del proyecto LitoCat (Terradas *et al.* 2012). Esta iniciativa sigue los pasos descritos anteriormente y tiene como objetivo último constituir una litoteca de rocas silíceas del Noreste de la Península ibérica, cuyos documentos (mapas temáticos, columnas estratigráficas, bibliografía, análisis, etc.), muestras y datos sean accesibles a la comunidad científica ya sea físicamente en unas salas de consulta o bien virtualmente a través de Internet. Información de proyectos similares puede obtenerse de algunas síntesis bibliográficas (Biró 2011) o en la página Web de *FlintSource* (<http://www.flintsource.net/>), dedicada a facilitar información sobre la disponibilidad de materias primas silíceas y su explotación a lo largo de la Prehistoria europea.

Un estado de la cuestión relativo al ámbito peninsular se puede consultar en una reciente publicación (Tarrío, e.p.), en la que se ofrecen distintas síntesis regionales sobre la disponibilidad de rocas silíceas en el conjunto de la Península Ibérica. Igualmente existen distintas obras que versan sobre la explotación prehistórica de estos recursos, fruto de la publicación de diversos encuentros temáticos (Bernabeu *et al.* 1998; Bosch *et al.* 1998; Martínez *et al.* 2006; Domínguez *et al.* 2010).

5. TÉCNICAS ANALÍTICAS

La aplicación de técnicas de análisis sirve para comparar las muestras estudiadas procedentes de los contextos geológicos con las obtenidas a partir de las colecciones arqueológicas. Las similitudes o diferencias entre ambas son las que permitirán confirmar o refutar la adscripción de las muestras arqueológicas a su contexto geológico original, identificando o descartando posibles zonas de aprovisionamiento. Para llevar a cabo dicho proceso, se parte de la premisa que las características litológicas de cualquier roca son representativas de su origen geológico, ya que las condiciones particulares de cada formación geológica (relativas a su génesis, composición, alteraciones postdeposicionales, etc.) les confieren rasgos específicos. Estos rasgos permiten establecer criterios discriminantes para cada formación en relación a otras.

Existe una amplia panoplia de técnicas aplicables, disponiendo de distintos manuales y publicaciones en los que se puede obtener mayor información (Sieveking y Hart 1986; Luedtke 1992; Church 1994; Mangado 2004; Terradas 2012). Muchas de ellas presentan diferencias importantes que pueden ser debidas bien a la naturaleza del fenómeno que se quiera observar bien a los parámetros que se utilicen para su análisis. Por ello es imprescindible tener un buen conocimiento de la naturaleza de dichas técnicas, así como de sus condiciones de aplicabilidad y límites. Cada una de estas técnicas se ha desarrollado para afrontar problemáticas concretas, por lo que su elección debe ajustarse a la resolución de objetivos planteados previamente. Incluso, muchas de ellas ofrecen un alto grado de complementariedad en función del fenómeno considerado y su escala de observación. Lo que sí es importante es ejercer un buen uso de las mismas, precisando con claridad en todo momento el equipo utilizado, cuáles han sido los objetivos perseguidos, la estrategia de muestreo y las condiciones bajo las que se ha realizado el análisis, así como los datos obtenidos y los procedimientos seguidos en su explotación e interpretación.

Dadas las condiciones del presente volumen, no podemos realizar una exposición detallada de todas estas técnicas, cuya presentación preliminar podría constituir por sí misma una publicación monográfica. Nos centraremos en los tres tipos de caracterizaciones que se pueden realizar desde un punto de vista petrológico sobre estos recursos naturales que permiten una aproximación complementaria basada en distintos tipos de observación: la textural, la mineralógica y la geoquímica.

—Caracterización textural: ha sido practicada con gran profusión y en contextos muy diversos. Como su propio nombre indica, se basa en el análisis macroscópico de aquellos elementos que pueden ser observados a simple vista o con la ayuda de una lupa binocular (aumentos comprendidos entre 1x y 40x). Se obtiene información sobre el color, la transparencia, el tamaño del grano, las estructuras sedimentarias, su contenido en fósiles y la presencia de minerales concretos (Mangado 2004).

El principal problema de esta técnica radica en que con frecuencia las apreciaciones que se realizan son interpretaciones sujetas a un cierto riesgo de subjetividad, y sus resultados pueden no permitir por sí solos adscribir con seguridad una materia prima a una formación geológica concreta en un porcentaje más o menos elevado de las observaciones, dependiendo del grado de experiencia del analista y del estado de conservación de las muestras. Sin embargo, puede ser de

gran utilidad para una primera toma de contacto con el material estudiado y sus alteraciones, permitiendo una primera toma de decisiones sobre la procedencia del objeto de estudio. En algunos contextos, su uso combinado con otras técnicas permite entrever cómo algunas de las clasificaciones realizadas a partir de criterios macroscópicos pueden tener su explicación en base a criterios mineralógicos, sólo perceptibles con otras técnicas de análisis (Bustillo *et al.* 2009).

El análisis microscópico permite estudiar la identificación y caracterización de las rocas mediante una observación de las características texturales no visibles a escala macroscópica con la obtención de información sobre la totalidad de sus componentes, las condiciones de formación y sus alteraciones. Para el estudio óptimo de las muestras se requiere la confección de láminas delgadas con el objetivo de que puedan ser estudiadas a escala microscópica. La preparación consiste en realizar secciones finas, de unas 30 micras de espesor, que permiten una óptima observación de las propiedades ópticas de sus componentes minerales y su correspondiente identificación. Estas preparaciones son estudiadas mediante el microscopio polarizante o petrográfico, que visualiza la transmisión de la luz a través de la preparación microscópica con la ayuda de dos filtros polarizantes (luz polarizada).

La clasificación y caracterización de la roca se realiza tanto a partir de sus componentes (identificación y caracterización de los minerales) como de las relaciones geométricas que se establecen entre ellos (textura y estructura). Los criterios seguidos para la identificación específica de cada roca se encuentran recogidos en atlas de petrología (Mackenzie *et al.* 1982; Adams *et al.* 1984; Yardley *et al.* 1990; Melgarejo 2003). Un recurso adicional en el caso de las rocas sedimentarias es el estudio de su registro micropaleontológico, es decir, el estudio de los organismos fosilizados. En el caso de las rocas silíceas estos organismos se han preservado gracias a que en origen ya mantenían una composición silícea o bien porque la sílice ha reemplazado algunos de sus elementos de naturaleza carbonatada. En ciertos contextos las asociaciones de microorganismos fosilizados pueden ser de gran utilidad al aportar elementos que permitan caracterizar el ambiente de su formación, además de posibilitar la adscripción de una roca a una formación o a una edad geológica concreta. Con todo, esta técnica es una herramienta útil y eficaz para caracterizar las distintas litologías documentadas a partir de la prospección y el estudio de la geología regional (Tarriño 2006). De este modo, es posible aislar distintos tipos de materias primas en base a su composición, ambiente de formación, registro micropaleontológico o alteraciones.

- Caracterización mineralógica: la herramienta empleada habitualmente en geología para la determinación de la mineralogía es la difracción de Rayos-X (DRX). Su interés estriba en que de un modo relativamente sencillo y rutinario permite obtener cuantificaciones (más bien, semicuantificaciones) de las fases minerales. Métodos como el de Rietveld (Rietveld 1969) con el desarrollo de programas informáticos (Rodríguez-Carvajal 1998) permiten, a partir de difractogramas, la obtención de parámetros cristalográficos y cálculos muy precisos de cuantificaciones de fases minerales, del orden del 1% o inferiores (Tarriño 2006), así como la caracterización de polimorfos de la sílice cuarzo- α y moganita. Por otra parte, la presencia en los sílex de fases amorfas como el ópalo y materia orgánica hace interesante poder aplicar otras técnicas como la Espectroscopía Raman (Hernández *et al.* 2012), la Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FT-IR) (Olivares *et al.* 2009) o los análisis de Termobalanza.
- Caracterización geoquímica: agrupa un conjunto de técnicas que permiten analizar la composición química elemental de las materias estudiadas. Su rasgo distintivo es que permiten determinar y cuantificar la mayoría de elementos de la tabla periódica, por lo que es posible caracterizar las muestras a partir de parámetros cualitativos y cuantitativos, siendo necesario el uso de técnicas estadísticas en la identificación de las variables más significativas y su representación. Su mayor problema radica en la extrema variabilidad química de las rocas dentro de una misma formación, por lo que para obtener patrones de referencia significativos se requiere el análisis previo de un número importante de muestras, así como una estrategia de muestreo que sea representativa de la variabilidad de la formación. Al mismo tiempo, la porosidad de algunas rocas permite que, en una escala temporal relativamente reducida, se incorporen elementos propios del yacimiento arqueológico (Fernandes *et al.* 2007), por lo que las condiciones tafonómicas pueden alterar la señal original de cada tipo de roca.

Entre estas técnicas destacan la Fluorescencia de Rayos-X (FRX), que permite evaluar el contenido químico en elementos mayoritarios (representación igual o superior al 2% de la muestra) y

minoritarios (entre el 0,1 y el 2%), y la Espectrometría de masas con fuente de plasma acoplada inductivamente (ICP-MS), que se está aplicando con relativo éxito al estudio de materias primas silíceas (Grégoire 2001; Bressy 2003; Navazo *et al.* 2008; Olofsson y Rodushkin 2011). Esta permite analizar elementos traza y tierras raras (contenido inferior al 0,1%), que pueden dar información significativa sobre aquellos elementos terrígenos incorporados a cada ambiente específico de formación. En algunos de estos equipos la toma de muestra puede realizarse directamente mediante una ablación por láser, cuya huella es imperceptible a simple vista (<100 µm) y evita la destrucción de muestras arqueológicas.

6. EJEMPLO: CAPTACIÓN Y DIFUSIÓN DEL SÍLEX EN EL CANTÁBRICO Y PIRINEO OCCIDENTAL

En el registro sedimentario del Cantábrico y Pirineo occidental afloran más de una treintena de unidades geológicas con silicificaciones distribuidas por el Mesozoico y el Cenozoico (Tarrío 2007) formadas en una amplia variedad de ambientes sedimentarios, desde marinos profundos (pelágicos y flysch) y marinos someros (plataforma) hasta continentales (lacustres y palustres).

El que existan tantos tipos de silicificaciones no quiere decir que todas se hayan utilizado en la Prehistoria de un modo masivo. Sólo se han aprovechado las que presentan unas condiciones de afloramiento que han permitido que los bloques o nódulos de sílex hayan podido ser extraídos o recogidos por los grupos prehistóricos. Los sílex identificados en yacimientos arqueológicos del Cantábrico y Pirineo occidental son:

Sílex del Flysch: originado en formaciones geológicas del Cretácico superior, depositados en ambientes de mar profundo (Cuenca marina profunda) con abundantes restos de fósiles como las espículas de esponja (Fig. 1). Presentan un aspecto generalmente bandeado y bioclástico característico de las turbiditas. Afloramientos espectaculares se encuentran en la megaturbidita (olistostromo) de Kurtzia (Barrika, Bizkaia) asociados a talleres prehistóricos (Barandiarán *et al.* 1960). Otros afloramientos se encuentran en Gaintxurizketa (Irún, Gipuzkoa) y también existen importantes afloramientos en la zona de Bidache (Pirineos Atlánticos, Francia) asociados a importantes talleres de sílex (Tarrío *et al.* 2007).



Figura 1. Bloques de sílex del Olistostromo de Kurtzia (Barrika, Bizkaia) englobado en el Flysch del Cretácico superior.



Figura 2. Nódulos de sílex en las calizas marinas Paleocenas (Thanetiense) que albergan las silicificaciones explotadas en el Paleolítico (Sierra de Urbasa, Navarra).

Sílex de Urbasa: sílex nodulares que proceden de los afloramientos situados en el karst de la Sierra de Urbasa (Navarra). Se formaron en ambientes de plataforma marina externa del Terciario (Paleoceno, Thanetiense medio) con macroforaminíferos (discocyclínidos y nummulítidos) y equinodermos (Fig. 2). Asociados a sus afloramientos aparecen importantes talleres de sílex como los de Mugarduia (Navarra) (Tarrío *et al.* 2008).

Sílex de Treviño: sílex formados en los ambientes lacustres-palustres del Terciario continental (Mioceno) del Sinclinal surpirenaico (Depresión de Miranda-Treviño). Predominan los fósiles (figura 3) de ambientes continentales (ostrácodos, pedotúbulos de raíces, algas charáceas, etc). Aparecen sílex nodulares y silcretas (costras silíceas de morfologías estratiformes). Se identifican estructuras mineras de explotación como cubetas, zanjas, escombreras, mazas de ofita y miles de fragmentos de sílex resultado de la actividad extractiva que en la zona de Araico (Treviño) se han datado como neolíticas con dataciones en torno a los 6000 BP (Tarrío *et al.* 2012).

Sílex de Loza/Mte. Picota: sílex formados en ambientes de plataforma marina interna. Sus afloramientos tipo se encuentran en los relieves Paleocenos de Loza-Moraza-Tobera, estribación norte de la Sierra de Cantabria, Sur de Álava y en el Monte Picota (Cretácico superior, Maastrichtiense) al W de Santander. Afloran fundamentalmente como silcretas estratiformes algo dolomitizadas y a veces muy fracturadas. Ha sido utilizado en la Prehistoria de forma irregular, ya que su calidad es en general discreta.

Sílex Evaporíticos de grano fino del Ebro: se forman en el sistema lacustre evaporítico marginal ibérico, Terciario continental (Mioceno), que se sitúa al sur del Ebro (Ortí *et al.* 1997). Los afloramientos conocidos más cercanos se encuentran en la zona de Tudela (Navarra). Los sílex presentan cuerpos lenticulares y grandes nódulos (pueden superar el metro). Es habitual encontrar en ellos seudomorfos de yeso como relicto de la roca encajante (Fig. 4). Suelen aparecer talleres prehistóricos instalados sobre sus zonas de afloramiento con abundantísimos restos de talla, mazas, etc. (Tarrío 2006).

Sílex de Salies de Béarn: sílex bioclásticos formados en ambientes marinos profundos del Cretácico superior (Campaniense). Afloran al Norte de los Pirineos en la región del Bearn (Pirineos Atlánticos). Se muestran como sílex de grano fino generalmente de colores grisáceos. Aparecen como nódulos irregulares con abundantes bioturbaciones que les confiere un aspecto zonado. Es frecuente la presencia de talleres prehistóricos asociados a los afloramientos (Tarrío *et al.* 2007).



Figura 3. Sílex nodulares en las calizas blanquecinas lacustres del Mioceno de Treviño (Burgos).



Figura 4. Nódulo de sílex en los yesos de Ablitas (Navarra), perteneciente al sistema lacustre evaporítico marginal ibérico (sílex evaporítico de grano fino del Ebro).

Sílex de Chalosse. Se forma en plataformas carbonatadas del Cretácico superior (Maastrichtiense). Suelen presentarse traslúcidos con colores que varían de negruzcos a grisáceos, mientras que cuando se patinan adquieren tonalidades amarillentas. Son de grano fino y presentan abundantes inclusiones bioclásticas entre las que destacan los briozoos y macroforaminíferos (*Lepidorbitoides socialis*) (Fig. 5). Afloran en los anticlinales de Tercis y Audignon-Montaut (Landas, Francia). Es frecuente la presencia de talleres prehistóricos asociados a los afloramientos (Chalard et *al.* 2010).



Figura 5. Afloramiento de grandes nódulos (>0,5 m) en la *Carrière de Berduc* (Landas, Francia). Se trata de sílex *Chalosse* englobado en calizas de plataforma marina del Maastrichtiense (Cretácico superior).

Sílex de Piloña: son sílex resesedimentados en los conglomerados terciarios Eoceno-Oligocenos (Pudinga de Posada) de la cuenca de Oviedo (Asturias). Es un sílex bioclástico que procede de formaciones depositadas en ambientes carbonatados de plataforma marina del Santoniense muy arenosos y con presencia de Lacazinas. Se presenta como cantos redondeados de tamaño variable, que no suelen superar los 30 cm. Sus colores son cremas o marrones-amarillentos y los afloramientos discurren paralelos a la falla de Llanera entre Nava y Piloña (Asturias) (Tarriño *et al.* e.p.).

Sílex de Piedramuelle: son silicificaciones masivas de tipo silcreta sobre las calizas brechoides blancuecinas lacustres de la Cuenca de Oviedo (Mioceno). Afloran en el borde occidental de la Cuenca en Piedramuelle y en terrenos ocupados por la propia ciudad de Oviedo.

De entre ellos, en 5 tipos se detectan desplazamientos que pueden superar ampliamente los 100 Km. Son los que definen territorios a un nivel regional y son los que se vienen denominando sílex trazadores de larga distancia: *Flysch*, *Urbasa*, *Treviño*, *Chalosse* y *Evaporítico del Ebro*.

Partiendo de un buen conocimiento de la geología de las silicificaciones, conociendo sus texturas, contenido en fósiles y ambientes de formación (microfacies), se puede asignar las procedencias geográficas concretas a los restos líticos que se han recuperado en yacimientos arqueológicos.

Para determinar la incidencia que presentan los diferentes tipos de rocas/sílex sobre los restos líticos recuperados en yacimientos, se hace preciso un análisis macroscópico de detalle (lupa binocular) para poder aproximarse a su composición textural y poder llegar a asignarle su lugar de formación/procedencia. La principal limitación es que es un método interpretativo y dependerá de la experiencia del analista en la asignación de procedencias. En muchas ocasiones habrá que recurrir a otras técnicas más precisas: microscópicas, mineralógicas y geoquímicas para ir resolviendo las asignaciones pendientes. Hay que tener en cuenta que los sílex que proceden de sitios arqueológicos habitualmente presentan pátinas y alteraciones que han modificado su aspecto y color original tras haber sido expuestos a los procesos tafonómicos propios de cada contexto a lo largo de varios miles de años.

Los datos disponibles sobre la procedencia de los sílex no son muy abundantes. A pesar de tener esta información reducida y sesgada se puede hacer un esbozo sobre los comportamientos generales en la gestión de estos recursos líticos (Fig. 6). Para simplificar se va a considerar como sílex local a todo sílex cuyos afloramientos naturales se encuentren a una distancia inferior a 20 Km. del yacimiento y como sílex alóctonos a todos los demás tipos de sílex:

- Paleolítico medio: Además del sílex local mayoritario (>50% de los efectivos) existe presencia importante (>10%) y/o significativa (1-10%) de otros dos o tres tipos foráneos. También aparecen de modo importante otras rocas (lutitas, cuarcitas y rocas volcánicas fundamentalmente) que pueden encontrarse en cantidades que generalmente rondan el 20-30% y en ocasiones en porcentajes superiores.
- Paleolítico superior: Se observa la presencia mayoritaria de sílex local (>50%) con presencia importante (>10%) y/o significativa (1-10%) de otros dos o tres tipos foráneos e incluso pueden aparecer indicios (<1%) de sílex lejanos (a más de 100 Km.).
- Epipaleolítico o Mesolítico: Los sílex locales se presentan de modo muy mayoritario (>90%) con presencia significativa (1-10%) de uno a tres tipos de sílex foráneos.
- Neolítico y Edad del Bronce: Se deduce un comportamiento bastante parecido al documentado en los yacimientos Epipaleolíticos, con la incorporación de un nuevo tipo de sílex ausente hasta el momento y ajeno a la Cuenca Vasco-Cantábrica, que es el sílex Evaporítico de grano fino del Ebro (Cuenca terciaria del Ebro) de procedencia lejana (>100 Km.) y con porcentajes de aparición generalmente significativos (1-10%). Mientras que para las cronologías más recientes pueden aparecer otros sílex exóticos de procedencia muy lejana (>200-300 Km) que aparecen como indicios (<1%).

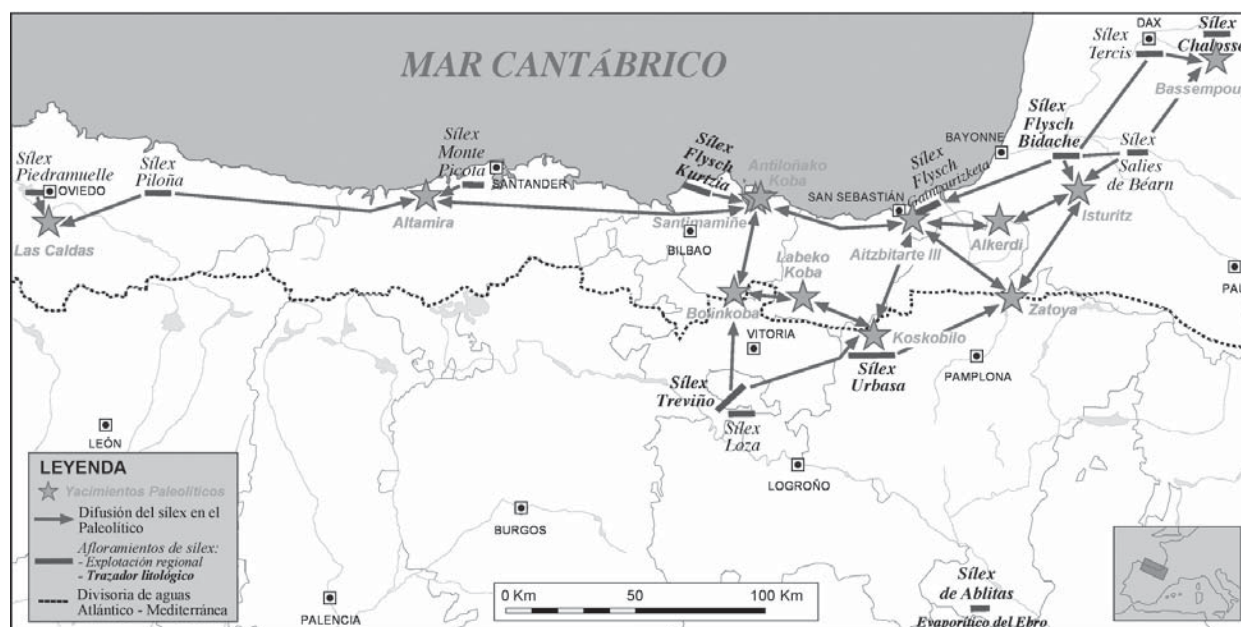


Figura 6. Mapa de distribución de afloramientos de sílex empleados en la Prehistoria del Cantábrico y Pirineo occidental. Se indican las líneas de difusión en una muestra de yacimientos paleolíticos que se encuentran analizados.

7. CONCLUSIÓN

El estudio del aprovisionamiento de materias primas de naturaleza mineral no es tarea fácil. No existe una técnica única ni universal que garantice los resultados esperados, por lo que la metodología a aplicar puede cambiar en función de los objetivos y de la naturaleza de los artefactos a estudiar. Al mismo tiempo, la tecnología dispone una gran cantidad de posibilidades técnicas, capaces de hallar la mejor solución para cada situación.

En cualquier caso, se impone un conocimiento profundo de la geología regional, tanto a nivel documental, de terreno como material, por lo que es preciso desarrollar un intenso programa de prospecciones sistemáticas que conlleve una documentación y muestreo rigurosos de todas las formaciones de interés, así como una caracterización de las muestras basada en criterios científicos. Con frecuencia este tipo de estudios sólo permite obtener resultados a largo plazo, que no siempre pueden ser plenamente satisfactorios.

El estudio de las materias primas de naturaleza lítica y la determinación de sus fuentes de aprovisionamiento contribuyen a reconstruir las estrategias organizativas desarrolladas por los grupos prehistóricos para la producción de su instrumental lítico. Sin embargo, la explicación e interpretación de dichas estrategias es indisoluble del resto de estrategias organizativas que rigen la dinámica socioeconómica de las sociedades estudiadas, que sólo podrán ser abordadas en el marco de una investigación interdisciplinar de carácter integral.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, A. E.; Mackenzie, W.S. y Guilford, C. 1984: *Atlas of sedimentary rocks under the microscope*. Longman Scientific & Technical.
- Barandiarán, J. M.; Aguirre, A. y Grande, M. 1960: *Estación prehistórica de Kurtzia. Barrica-Sopelana (1959)*. Servicio de investigaciones arqueológicas de la Excma. Diputación Provincial de Vizcaya.
- Bernabeu, J.; Orozco, T. y Terradas, X. (eds.) 1998: *Recursos abióticos en la Prehistoria: caracterización, explotación e intercambio*. Universitat de València. València.
- Biró, K. T. 2011: «Comparative raw material collections in support of petroarchaeological studies: an overview». En K. T. Biró y A. Markó (eds.): *Papers in honour of Viola T. Dobosi*. Hungarian National Museum. Budapest: 225-244.
- Bosch, J.; Terradas, X. y Orozco, T. (eds.) 1998: *Actes de la 2.^a reunió de treball sobre aprovisionament de recursos lítics a la Prehistòria (Rubricatum, 2)*. Museu de Gavà. Barcelona.
- Bressy, C. 2003: *Caractérisation et gestion du silex des sites mésolithiques et néolithiques du Nord-Ouest de l'Arc Alpin: une approche pétrographique et géochimique* (British Archaeological Reports —international series— S1114). Archaeopress. Oxford.
- Briz, I.; Clemente, I.; Pijoan, J.; Terradas, X. y Vila, A. 2005: «Stone Tools in ethnoarchaeological contexts: theoretical-methodological inferences». En X. Terradas (ed.): *Lithic toolkits in ethnoarchaeological contexts: 1-7* (British Archaeological Reports —international series— S1370). Archaeopress. Oxford.
- Bustillo, M. A.; Castañeda, N.; Capote, M.; Consuegra, S.; Criado, C.; Díaz-del-Río, P.; Orozco, T.; Pérez-Jiménez, J. L. y Terradas, X. 2009: «Is the macroscopic classification of flint useful? A petroarchaeological analysis and characterization of flint raw materials from the Iberian Neolithic mine of Casa Montero». *Archaeometry* vol. 51/2: 175-196.
- Chalard, P.; Ducasse, S.; Bon, F.; Bruxelles, L.; Teyssandier, N.; Renard, C.; Gardere, Ph.; Guillermin, P.; Lacombe, S.; Langlais, M.; Mensan, R.; Normand, Ch.; Simonnet, R. y Tarriño, A. 2010: «Chalosse-type Flint: Exploitation and Distribution of a Lithologic Tracer during the Upper Pleolithic, Southern France». En: M. Brewer-LaPorta, A. Burke and D. Field (eds.): *Ancient Mines and Quarries. A Trans-Atlantic Perspective*. Oxbow Books. Oxford and Oakville: 13-22.
- Church, T. 1994: *Lithic resources studies. A sourcebook for archaeologist* (Lithic Technology. Special publication, 3). University of Tulsa.
- Domínguez, S.; Ramos, J.; Gutiérrez, J. M. y Pérez, M. (eds.) 2010: *Minerales y Rocas en las Sociedades de la Prehistoria*. Universidad de Cádiz. Cádiz.
- Fernandes, P.; Le Bourdonnec, F. X.; Raynal, J. P.; Poupeau, G.; Piboule, M. y Moncel, M. H. 2007: «Origins of prehistoric flints: the neocortex memory revealed by Scanning Electron Microscopy». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Palevol)* 6/8: 557-568.
- Flörke, O. W.; Jones, J. B. y Schmincke, H. U. 1976: «A new microcrystalline silica from Gran Canaria». *Zeitschrift für Kristallographie* 143: 156-165.
- Graetsch, H. 1994: «Structural Characteristics of Opaline Microcrystalline Silica Minerals». *Reviews in Mineralogy* 29: 209-232.
- Grégoire, S. 2001: «Apports et limites des nouvelles techniques de la pétroarchéologie préhistorique». *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences (Sciences de la Terre et des planètes)* 332: 479-482.
- Grice, J. D. y Ferraris, G. 2000: «New minerals approved. in 1999 by the Commission on New Minerals and Mineral Names International Mineralogical Association». *The Canadian Mineralogist* 38: 245-250.
- Hernández, V.; Jorge-Villar, S.; Capel, C.; Medianero, F.J.; Ramos, J.; Weniger, G. C.; Domínguez-Bella, S.; Linstaedter, J.; Cantalejo, G.; Espejo, M. y Durán-Valsero, J. J. 2012: «Raman spectroscopy analysis of Palaeolithic industry from Guadalteba terrace river, Campillos (Guadalteba county, Southern of Iberian Peninsula)». *J. Raman Spectrosc.* 43: 1651-1657.
- Luedtke, B. E. 1992: *An archaeologist's guide to chert and flint* (Archaeological research tools, 7). University of California.
- Mackenzie, W. S.; Donaldson, C. H. y Guilford, C. 1982: *Atlas of igneous rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical.

- Mangado, X. 2004: *L'arqueopetrologia del sílex. Una clau per al coneixement paleoeconòmic i social de les poblacions prehistòriques*. Societat Catalana d'Arqueologia. Barcelona.
- Martínez, G.; Morgado, A. y Afonso, J. A. (coord.) 2006: *Sociedades prehistóricas, recursos abióticos y territorio*. Fundación Ibn al-Jatib de estudios y cooperación cultural. Granada.
- Melgarejo, J. C. 2003: *Atlas de asociaciones minerales en lámina delgada*. Edicions Universitat de Barcelona. Barcelona.
- Navazo, M.; Colina, A.; Dominguez, S. y Benito, A. 2008: «Raw stone material supply for Upper Pleistocene settlements in Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain): Flint characterization using petrographic and geochemical techniques». *Journal of Archaeological Science* 35/7: 1961-1973.
- Olivares, M.; Tarriño, A.; Murélag, X.; Baceta, J. I.; Castro, K. y Etxebarria, N 2009: «Non-destructive spectrometry methods to study the distribution of archaeological and geological chert samples». *Spectrochimica Acta Part A* 73: 492-497.
- Olofsson, A. y Rodushkin, I. 2011: «Provenancing flint artefacts with ICP-MS using REE signatures and Pb isotopes as discriminants: preliminary results of a case study from Northern Sweden». *Archaeometry* 53/6: 1142-1170.
- Ortí, F.; Rosell, L.; Salvany, J.M. y Inglés, M. 1997: «Chert in Continental Evaporites of the Ebro and Calatayud Basins (Spain): Distribution and Significance». En A. Ramos-Millán and M.A. Bustillo (eds.): *Siliceous Rocks and Culture* 75-90.
- Rietveld, H. M. 1969: «A profile refinement method for nuclear and magnetic structures». *Journal Appl. Cryst.* 2: 65-71.
- Rodríguez-Carvajal, J. 1998: *FullProf: Rietveld, Profile Matching & Integrated Intensities Refinement of X-ray and/or Neutron Data (powder and/or single crystal). User's guide FullProf software*. Laboratoire Leon Brillouin (CEA-CNRS).
- Sieveling, G. de G. y Hart, M. B. 1986: *The scientific study of flint and chert*. Cambridge University Press.
- Tarriño, A. 2006: *El sílex en la Cuenca Vasco-Cantábrica y Pirineo Navarro. Caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria* (Monografías n.º 21). Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira. Madrid.
- Tarriño, A. e.p.: *Trazadores litológicos de larga distancia durante la Prehistoria de la Península Ibérica*. Workshop celebrado en el CENIEH, Burgos en Junio de 2011.
- Tarriño, A.; Bon, F. y Normand, Ch. 2007: «Disponibilidad del sílex como materia prima en la Prehistoria del Pirineo occidental». En N. Cazals, J. González-Urquijo y X. Terradas (eds.): *Fronteras naturales y fronteras culturales en los Pirineos Prehistóricos. Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria* 2: 103-123.
- Tarriño, A.; Olivares, M.; Etxebarria, N.; Baceta, J. I.; Larrasoana, J. C.; Yusta, I.; Pizarro, J. L.; Cava, A.; Barandiarán, I. y Murelaga, X. 2008: «El sílex de tipo "Urbasa". Caracterización petrológica y geoquímica de un marcador litológico en yacimientos arqueológicos del Suroeste europeo durante el Pleistoceno superior y Holoceno inicial». *Geogaceta* 23: 127-130.
- Tarriño, A.; Duarte, E.; Santamaría, D.; Martínez-Fernández, L.; Fernández de la Vega, J.; Suárez-Ferruelo, P.; Rodríguez-Otero, V.; Forcelledo, E. y de la Rasilla, M. e.p.: «El Sílex de Piloña. Caracterización de una nueva fuente de materia prima lítica en la Prehistoria de Asturias».
- Tarriño, A.; Lobo, P. J.; García-Rojas, M.; Elorrieta, I.; Orúe, I.; Benito-Calvo, A. y Karampanglidis, T. 2012: «Introducción al estudio de las minas neolíticas de sílex de la sierra de Araico (Condado de Treviño). Campaña de excavación del 2011». *Estudios de Arqueología Alavesa* 27.
- Terradas, X. 2001: *La gestión de los recursos minerales en las sociedades cazadoras-recolectoras* (Treballs d'Etnoarqueologia, 4). CSIC. Madrid.
- Terradas, X. 2012: «Estudo do aprovisionamento de matérias-primas de natureza mineral». En J. F. Gibaja y A. F. Carvalho (eds.): *Introdução ao estudo da pedra lascada* (Manuais de Arqueologia do IAP, 1): 9-18. Edições Colibri. Lisboa.
- Terradas, X.; Ortega, D. y Boix, J. 2012: «El projecte LITOCAT: creació d'una litoteca de referència sobre la disponibilitat de roques silícies a Catalunya». *Tribuna d'Arqueologia 2010-2011*: 131-150.
- Yardley, B. W. D.; Mackenzie, W. S. y Guilford, C. 1990) *Atlas of metamorphic rocks and their textures*. Longman Scientific & Technical.