Anejos de Veleia
Series Minor 41

Alejandro Prieto
Arturo de Lombera-Hermida
Aitor Calvo
Eder Domínguez-Ballesteros
Alvaro Arrizabalaga
(eds.)

Las materias primas líticas en la prehistoria del Pirineo y la región cantábrica

Lithic Raw Materials during the Prehistory of Cantabrian and Pyrenean regions

eman ta zabal zazu
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

ALEJANDRO PRIETO
ARTURO DE LOMBERA-HERMIDA
AITOR CALVO
EDER DOMÍNGUEZ-BALLESTEROS
ALVARO ARRIZABALAGA
(eds.)

LAS MATERIAS PRIMAS LÍTICAS EN LA PREHISTORIA DEL PIRINEO Y LA REGIÓN CANTÁBRICA

Lithic Raw Materials during the Prehistory of Cantabrian and Pyrenean regions

eman ta zabal zazu
Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitatea

VITORIA 2023 GASTEIZ

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 5 14/12/23 08:03:58

CIP. Biblioteca Universitaria

Las **materias** primas líticas en la prehistoria del Pirineo y la región cantábrica = Lithic Raw Materials during the Prehistory of Cantabrian and Pyrenean regions / Alejandro Prieto …[et al.](eds.). – Vitoria-Gasteiz: Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Argitalpen Zerbitzua= Servicio Editorial, 2023. – 332 p. : il., map. ; 24 cm. – (Anejos de Veleia. Series Minor ; 41)

Incluye referencias bibliográficas.

D.L.: BI 01613-2023. — ISBN: 978-84-1319-617-6.

1. Útiles de piedra. 2. Útiles prehistóricos. 3. Geoarqueología. 4. Rocas – Colecciones y conservación. I. Prieto de Dios, Alejandro, ed. II. Tít.: Lithic Raw Materials during the Prehistory of Cantabrian and Pyrenean regions.

903(460)

GIC21/71 (IT-1435-22). Grupo Consolidado de Investigación en Prehistoria: evolución humana, cambio climático y adaptación cultural en las sociedades preindustriales (GIZAPRE)

© Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco
Euskal Herriko Unibertsitateko Argitalpen Zerbitzua

ISBN: 978-84-1319-617-6
Depósito legal/Lege gordailua: LG BI 01613-2023

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 6 20/12/23 11:22:08

ÍNDICE

Aitor Calvo, Eder Domínguez-Ballesteros, Arturo de Lombera-Hermida, Alejandro Prieto y Alvaro Arrizabalaga, *Presentación de la monografía* 9

Sección 1
Desde el yacimiento al afloramiento.
Perspectivas arqueológicas en los estudios de materia prima lítica

1. Arturo de Lombera-Hermida y Xes Aldea Moreira, *Nuevas aportaciones al estudio de las materias primas en el Noroeste peninsular. La gestión de las materias primas en los yacimientos de Valverde (Monforte de Lemos, Lugo) y Cova Eirós (Triacastela, Lugo)*. . . 17
2. Aitor Calvo y Alvaro Arrizabalaga, *Lithic economy and territories in the Gravettian of the western Pyrenees: the case of Amalda Cave (Gipuzkoa, Basque Country)* 49
3. Luis Sebastián Alafont y Jesús F. Jordá Pardo, *Estudio de las estrategias de obtención de recursos líticos en el Paleolítico superior de la región cantábrica (N de Iberia) mediante un Sistema de Información Geográfica* 85
4. Eder Domínguez-Ballesteros, Aitor Sánchez, Alejandro Prieto, Aitor Calvo, y Maite García-Rojas, *Accesibilidad vs distancia lineal: comparación y análisis en los estudios de materias primas líticas* 117
5. Luis M. Jiménez, Mathieu Langlais, Cynthia González Olivares, Xavier Mangado, Marta Sánchez de la Torre, *Patrones de aprovisionamiento de materias primas líticas en la secuencia magdaleniense de la Cova del Parco (Alòs de Balaguer, Lleida)* 137

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 7 20/12/23 12:30:27

Sección 2
Desde el afloramiento al yacimiento.
Perspectivas geológicas en los estudios de materia prima lítica

6. Diego Herrero Alonso, Ana Neira Campos, Natividad Fuertes Prieto, Andoni Tarriño Vinagre y Esperanza Fernández Martínez, *El chert y la radiolarita en la Zona Cantábrica: un estado de la cuestión* 163

7. Marta Sánchez de la Torre, *La aportación de la geoquímica en el análisis de la movilidad humana paleolítica: el caso de los sílex del flysch del Pirineo central y su difusión en el Magdaleniense* 185

8. Bruno Gómez de Soler, *La arqueología del sílex: estudio y caracterización de un territorio silíceo (Sant Martí de Tous, Barcelona)* 201

9. Marta Sánchez de la Torre, Xavier Mangado Llach, Samuel Castillo-Jiménez, Luis Luque, José Javier Alcolea-González, Manuel Alcaraz-Castaño, *Estudio de la movilidad humana en el interior de la península ibérica durante el Paleolítico medio y superior: primeros datos sobre análisis de caracterización de materiales silíceos* 223

Sección 3
Las litotecas.
Creación, mantenimiento y gestión institucional

10. Xavier Mangado Llach y Marta Sánchez de la Torre, *Las litotecas de materias primas silíceas. Retos y propuestas para una investigación en red en el siglo XXI* 251

11. Elsa Duarte Matías, Sergio Sánchez Moral, Juan Carlos Cañaveras Jiménez, Gabriel Alonso Díaz, Gabriel Santos Delgado y Marco de la Rasilla Vives, LitoMinAst. *Un proyecto integrado de rocas y minerales explotados en el Paleolítico de Asturias (norte de la península ibérica)* 259

12. Alejandro Prieto, Aitor Sánchez, Arturo de Lombera-Hermida y Aitor Calvo, *Construyendo la sección de cuarcitas en la Litoteka de la UPV/EHU: desde la prospección hasta su archivo*. 303

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 8 20/12/23 12:30:28

ESTUDIO DE LAS ESTRATEGIAS DE OBTENCIÓN DE RECURSOS LÍTICOS EN EL PALEOLÍTICO SUPERIOR DE LA REGIÓN CANTÁBRICA (N DE IBERIA) MEDIANTE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Luis Sebastián Alafont[1]
Jesús F. Jordá Pardo[2]
[1] Gerencia de Calidad y Evaluación Ambiental. Tragsatec
[2] Departamento de Prehistoria y Arqueología. Facultad de Geografía e Historia. Universidad Nacional de Educación a Distancia

Resumen: A partir de la localización de las formaciones geológicas que contienen sílex o cuarcita en posición primaria y de la determinación de la posición cartográfica de los principales asentamientos humanos (yacimientos), se propone una metodología para, por un lado, la determinación de las fuentes de materias primas líticas y, por otro, para el cálculo de rutas entre posibles áreas fuente y asentamientos humanos. Esta metodología se basa en el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el manejo de uno de los productos digitales de los que dispone el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), como resultado del plan GEODE. Se ha seleccionado como área de trabajo espacial la región cantábrica y temporal el Paleolítico superior. Para ello, primero se han inventariado las posibles formaciones geológicas factibles de contener dichas litologías y los citados asentamientos dentro del área seleccionada. Posteriormente, se han utilizado diferentes herramientas de los citados SIG que permiten, a partir de cálculos de dificultad (impedancia), determinar qué camino podría ser el más favorable para el desplazamiento entre dos puntos. Los resultados obtenidos podrían servir en futuros trabajos para establecer relaciones yacimiento-afloramiento, y discriminar aquellos en los que las relaciones son poco probables, a la hora de realizar estudios posteriores más específicos como geoquímicos, petrológicos, ...

Palabras clave: Materias primas, Paleolítico, Región cantábrica, Sílex, Cuarcita, Sistemas de Información Geográfica.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 85 14/12/23 08:06:32

Study of the strategies for obtaining raw materials in the upper paleolithic of the cantabrian region (N. of Iberia) through a geographical information system

Abstract: Taking into consideration the geological formations composed of silex or quartzite in primary disposition and the precise cartographic location of the principal human settlements (archaeological sites), a methodology is proposed for, on one hand, determinating the lithic raw materials sources and, on the other hand, estimating possible routes amongst the quarries and the human settlements. This methodology is based on the use of Geographic Information Systems (GIS) and the use of digital tools belonging to the Geological and Mining Institute of Spain (IGME), as a consequence of the GEODE plan. The boundaries of this study were set, spatially in the Cantabrian region and temporally in the Upper Palaeolithic. To do so, all the geological formations feasible of containing these lithologies or information about the human settlements, were catalogued. Subsequently, different digital tools, based on calculations of difficulty (impedance) and related to the previously mentioned GIS, were used to determinate the most favourable displacement between two points. The results achieved could become the backbone of future projects, helping to stablish a relationship amongst archaeological sites-quarries and disregard those whose correlations are unlikely, for further specific studies such as geochemical, petrological analyses, …

Keywords: Raw materials; Palaeolithic, Cantabrian Region, Flint, Quartzite, Geographic Information Systems.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha considerado la capacidad de elaborar herramientas o utensilios como un comportamiento exclusivamente humano, siendo esta facultad una de las más importantes de aquellas que nos separan como género (*Homo*) del resto de los homínidos. Los primeros instrumentos líticos que se conocen datan de aproximadamente 2,5 millones de años. De modo muy resumido podemos considerar las sociedades paleolíticas formadas por pequeños grupos, con una economía dependiente, esencialmente, de la caza, la pesca y la recolección. Para rentabilizar mejor esos recursos, innovaron técnicas y elaboraron utensilios (industria lítica).

En los últimos años, los llamados Sistema de Información Geográfica (GIS) han experimentado una importante implantación en el mundo de la arqueología. En un principio su utilidad se centraba en los aspectos de registro o inventario de yacimientos y delimitación de las áreas de protección patrimonial. Más

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 86 14/12/23 08:06:32

recientemente, estos sistemas informáticos se han revelado como una herramienta fundamental para los análisis de datos arqueológicos.

El objetivo general de este trabajo es tener una aproximación de las posibles rutas seguidas por grupos humanos del Paleolítico superior para aprovisionarse de materias primas (sílex, cuarcita) con las que elaborar sus utensilios líticos. Para ello, son necesarios dos fuentes de información fundamentales: las zonas de talla donde se han encontrado acumulaciones de industria lítica (yacimientos); y las formaciones geológicas potencialmente ricas en dichas litologías a las que, supuestamente, acudirían para abastecerse. Ambas fuentes son información de tipo geográfica y, por tanto, susceptibles de ser tratadas y analizadas mediante un GIS. La potencialidad de estas herramientas informáticas nos permitirá, a través de la geolocalización de la información, esbozar las rutas de desplazamiento.

El trabajo se centra en un periodo de la historia del hombre, el Paleolítico, en el que las fuentes de documentación para su conocimiento se deben realizar a través de los restos dejados por éstos, tanto directos como indirectos. Entre estos últimos están los instrumentos utilizados para su desarrollo vital. Estas fuentes suelen ser muy escasas y limitadas a áreas que permitan su conservación y fosilización, como es el caso de las cuevas de la zona cantábrica, por tanto, son muy importantes aquellos estudios que nos permitan un mejor conocimiento del comportamiento de nuestros antepasados prehistóricos.

Las industrias líticas elaboradas y utilizadas por los grupos humanos del Paleolítico forman parte de la cultura material de la humanidad, por tanto, es imprescindible conocer todos los pasos seguidos desde que simplemente formaban parte de la litosfera, hasta su conversión, en un útil con carácter antrópico. La Petroarqueología se ha revelado en los últimos años como una herramienta muy útil para el conocimiento de las sociedades prehistóricas.

Los objetivos que se pretenden alcanzar en este estudio son los siguiente:

1. Obtención de una base de datos con los yacimientos del Paleolítico superior de la Cordillera Cantábrica.
2. Obtención de una base de datos con las formaciones geológicas susceptibles de ser utilizadas como áreas fuente de materia prima (sílex y cuarcita) para la elaboración de útiles líticos.
3. Desarrollo de una aplicación GIS destinadas a la visualización de la situación geográfica de los yacimientos (hábitats) del Paleolítico superior para su utilización por personal académico y estudiantes. Esta aplicación ha de ser de fácil uso, para que pueda ser utilizada incluso por personal no especializado en GIS.

El trabajo se ha estructurado en las siguientes fases:

1. Organización y planificación. Diseño del GIS.
2. Captura de datos.

3. Análisis espacial de datos.
4. Tratamiento de los resultados obtenidos. Cartografía generada.

Este trabajo abarca un área del N de España, conocida geográficamente como «Zona Cantábrica» (fig. 1) y comprende, políticamente, las comunidades autónomas de Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra. Esta área se caracteriza por la abundante presencia de yacimientos del Paleolítico superior, generalmente localizados en cuevas y abrigos. El límite por el O se sitúa aproximadamente el río Nalón en la provincia de Asturias y por el E el valle de Baztán en la de Navarra, mientras que el límite al N lo marca el Mar Cantábrico y al S las cumbres de la Cordillera Cantábrica.

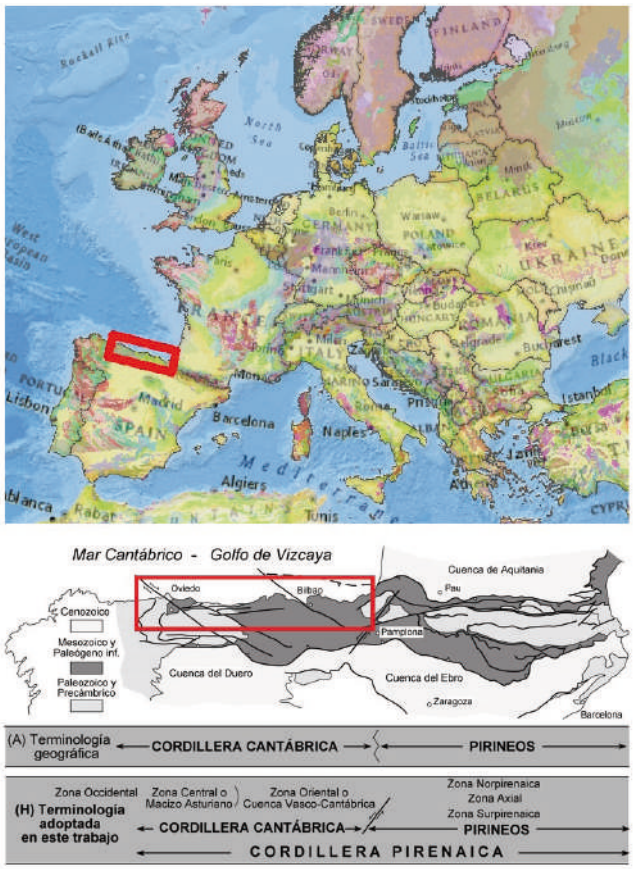


Figura 1

Zona de estudio sobre el mapa geológico de Europa (BGR Geologie. IGME5000) y terminología geográfica y geológica de la Cordillera Pirenaica (Modificado de Barnolas y Pujalte, 2004)

Desde el punto de vista geográfico, la región Cantábrica se divide en dos zonas: la occidental y la oriental, esta última al oeste de los Pirineos. Sin embargo, geológicamente y desde principio de este siglo, algunos autores (Capote *et al.*, 2002; Barnolas & Pujalte, 2004) empiezan a considerar a la Cordillera Cantábrica como una extensión occidental de la Cordillera Pirenaica, subdividiendo la cantábrica en dos regiones: la Zona Central o Macizo Asturiano al oeste y la Zona Oriental o Cuenca Vasco-Cantábrica (fig. 2).

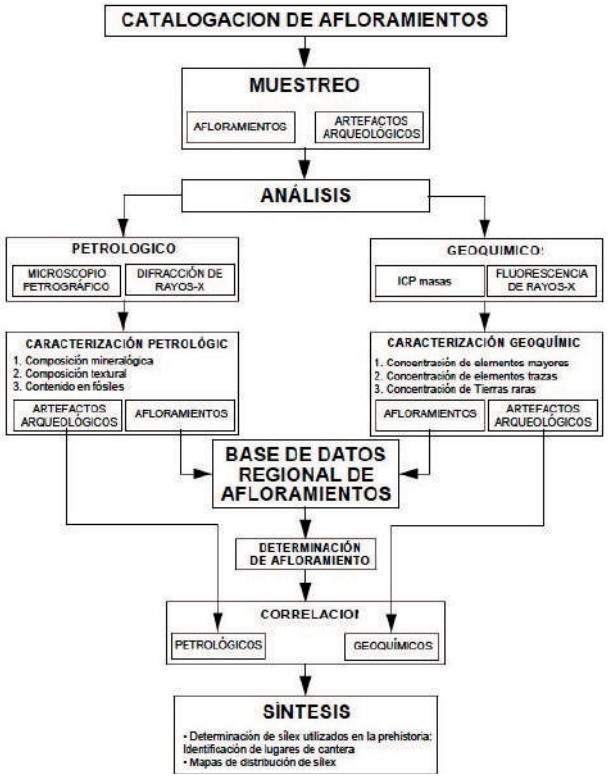


Figura 2

Metodología para el estudio de la procedencia de sílex arqueológico propuesta por Malyk-Selivanova *et al.*, (1998) y Tarriño (2001)

Los depósitos de la zona Cantábrica occidental están afectados por la tectónica varisca (fase «astúrica»), que ha originado alineaciones como el llamado arco astúrico. Como distintivo principal presenta un gran desarrollo de formaciones paleozoicas, especialmente del Devónico y Carbonífero. El Paleozoico inferior suele ser relativamente poco potente. Corresponden, en general, a depósitos de mares someros y ambientes límmicos y parálicos. Carece prácticamente de metamorfismo,

siendo su distintivo principal la presencia de cuantiosos mantos de corrimiento desplazados hacia el este que se reactivan en fases posteriores.

La Cuenca Vasco-Cantábrica es una continuación hacia occidente de la Cordillera Pirenaica. Está formada por una sucesión mesozoica y paleógena de gran potencia, en especial, del Cretácico, que se corresponde con transgresiones marinas generalizadas, siendo los sedimentos predominantes de tipo calcáreos y margosos. Es una zona muy plegada con notable asimetría, en donde los materiales salinos de las facies Keuper han actuado como base de despegue, dando lugar también a estructuras diapíricas. Esta zona se subdivide, a su vez, en dos regiones: el Surco Navarro-Cántabro y el Arco Vasco. En la primera región la asimetría de los pliegues tiene una dirección SW, cabalgando las sierras mesozoicas sobre el Terciario, mientras que, en la segunda de ejes suavemente curvados, lo hacen hacia el NE. Esta última región también se caracteriza por manifestaciones ígneas (Cretácico); presencia de metamorfismo de tipo térmico y la existencia depósitos de facies marinas en condiciones abiertas que varían de someras (deltaicas, neríticas) a turbidíticas profundas (flysch) (Barnolas & Pujalte, 2004).

El marco temporal del trabajo se circunscribe al Paleolítico superior. Este periodo comienza en Europa hace unos 40.000 años con la llegada del *Homo sapiens* procedente de África y termina hace unos 11.500-10.000. La diferenciación entre el Paleolítico medio y el superior viene marcada por la aparición de nuevas técnicas para elaborar instrumentos líticos, nuevos útiles y la diversificación de las materias primas explotadas. En suma, unas habilidades y un material mucho más complejo y mejor preparado para la subsistencia.

2. ANTECEDENTES

En los últimos años, los nuevos descubrimientos, junto con el desarrollo de estudios interdisciplinares como son la Geoarqueología, la Arqueometría, la Arqueología del paisaje, etc. han ido intensificando el conocimiento del mundo Paleolítico. Una de estas disciplinas trata sobre el origen de las materias primas que se usan para la obtención de los diversos artefactos líticos.

Entre los primeros trabajos sobre este tema se encuentran los realizados por Geneste (1985, 1991) sobre los orígenes de la materia prima empleada para la elaboración de herramientas líticas en el Perigord y en la Cueva de Vaufrey, situada al SO de Francia. En ellos se estudian quince yacimientos de la zona y muestran que las distancias desde éstos a las de provisión de la materia prima. Las conclusiones principales de este trabajo fueron las siguientes:

- Las distancias de aprovisionamiento de materias primas eran, por lo general, cortas o muy cortas, variando entre 5 a 20 km.
- Piezas de carácter específico están fabricadas con materias primas que se localizan a distancias más largas (mayores a 20 km).

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 90 14/12/23 08:06:33

—Industrias más antiguas (facies Quina y musterienses con *choppers*) suelen tener fuentes de aprovisionamiento más cercanas (menores de 10 km) que las más recientes (Musteriense típico y Achelense). Estas últimas, no sólo que presentan fuentes más alejadas (15 a 20 km), sino también una mayor variabilidad de materias primas.

A estos estudios siguieron los de Alain Turq, a partir de la mitad de los años 90, sobre el aprovisionamiento de material lítico desde el Musteriense al Paleolítico superior en la Cuenca Aquitana (Turq, 1996); o los realizados por un grupo de investigadores (Fernandes *et al*., 2013) para la elaboración de cartografías de las formaciones susceptibles de contener sílex en el S de Francia. A partir de bases de datos con las características petrológicas, intentan correlacionar los útiles de sílex con sus formaciones de procedencia.

También en 1998, Malyk-Selivanova *et al*. realizan estudios similares en los yacimientos prehistóricos del noroeste de Alaska y proponen una nueva metodología, añadiendo datos geoquímicos, obtenidos a partir de análisis por activación neutrónica, microsonda electrónica, etc. a los petrográficos (microscopía, difracción de rayos X, etc.) (fig. 3).

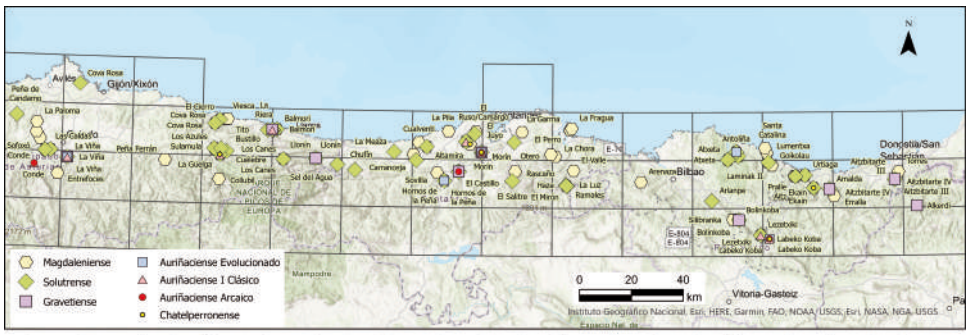


FIGURA 3

Relación de habitats (cuevas, abrigos, etc.) del Paleolítico superior recopilados para el presente trabajo (coordenadas ETRS89/UTM zone 30N) y su distribución en la Cordillera Cantábrica

Siguiendo este enfoque petrológico-geoquímico, en España se han realizado trabajos similares desde hace un par de décadas. Empezando por los de Andoni Tarriño (2001, 2006) con su tesis doctoral sobre el sílex en la Cuenca Vasco-Cantábrica y Pirineo Navarro; y que tuvieron su continuación en la comunidad asturiana ya con colaboradores de la Universidad de Oviedo (Tarriño *et al.*, 2013), alguno de ellos centrados en la cuarcita (Duarte *et al.*, 2016).

A este trabajo le siguieron otros como el realizados por Eixea (2015) en los yacimientos del Paleolítico medio de la zona Levantina; el de García-Rojas *et al.* (2017) para el yacimiento de Baltzola en Vizcaya; o el de Prieto *et al.* (2021) en la región de los Picos de Europa a través del análisis de los conjuntos líticos de cuarcita en dos asentamientos del Paleolítico medio. En todos ellos, los autores dan un enfoque geo-arqueológico multiescalar en el que se combina el uso de GIS con la toma de datos geológicos de campo, tipología de los útiles y la petrología estéreo-microscópica para caracterizar las áreas potenciales de captación.

3. MATERIALES

Para planificar el proyecto, primero es necesario analizar los datos que vamos a requerir. En este caso, los datos principales son los hábitats donde se van a producir la fabricación de instrumentos líticos y las formaciones geológicas favorables para la obtención de las materias primas.

3.1. Programas informáticos

Para el desarrollo de este trabajo es imprescindible la utilización de un Sistemas de Información Geográfica (GIS), con una licencia ArcGIS Desktop 10.8 y una cuenta de ArcGIS Online de ESRI. La gran ventaja de los productos de ESRI respecto a otros son su estabilidad (muchos años en el mercado), es escalable y expandible, con una gran variedad de herramientas con una extraordinaria capacidad de procesamiento para resolver problemas geoespaciales.

3.2. Fuentes cartográficas

La entrada o captura de datos constituye, generalmente, el primer paso en el desarrollo de un proyecto GIS. Suele ser también la más costosa y, normalmente, la más importante, ya que la calidad del resultado final dependerá de la calidad de los datos de partida. Es en esta fase cuando tiene lugar la transformación de los datos reales a formato digital. Afortunadamente, hoy en día, mu-

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 92 14/12/23 08:06:47

chos de los datos cartográficos están disponibles a partir de los portales de organismos oficiales (IGN, IGME, MITECO...). Se incluye también es esta fase, la edición gráfica de los datos para correcciones de errores, codificación de los elementos cartográficos, georreferenciación, etc.

3.3. Hábitats/yacimientos

Se ha realizado un inventario, lo más exhaustivo posible, delas ocupaciones del Paleolítico superior situadas en la zona de estudio, registrando su posición y características (atributos). Este inventario se ha efectuado mediante la consulta de los datos existentes en la bibliografía, páginas *web*, mapas, etc. Uno de los principales problemas es que las coordenadas de los yacimientos aparecen en estas fuentes en distintos sistemas de referencia, bien en geográficas (Greenwich, Madrid...), bien proyectadas (UTM ED 50, ETRS 1989, WGS 1984, Lambert...) y con distinto grado de precisión.

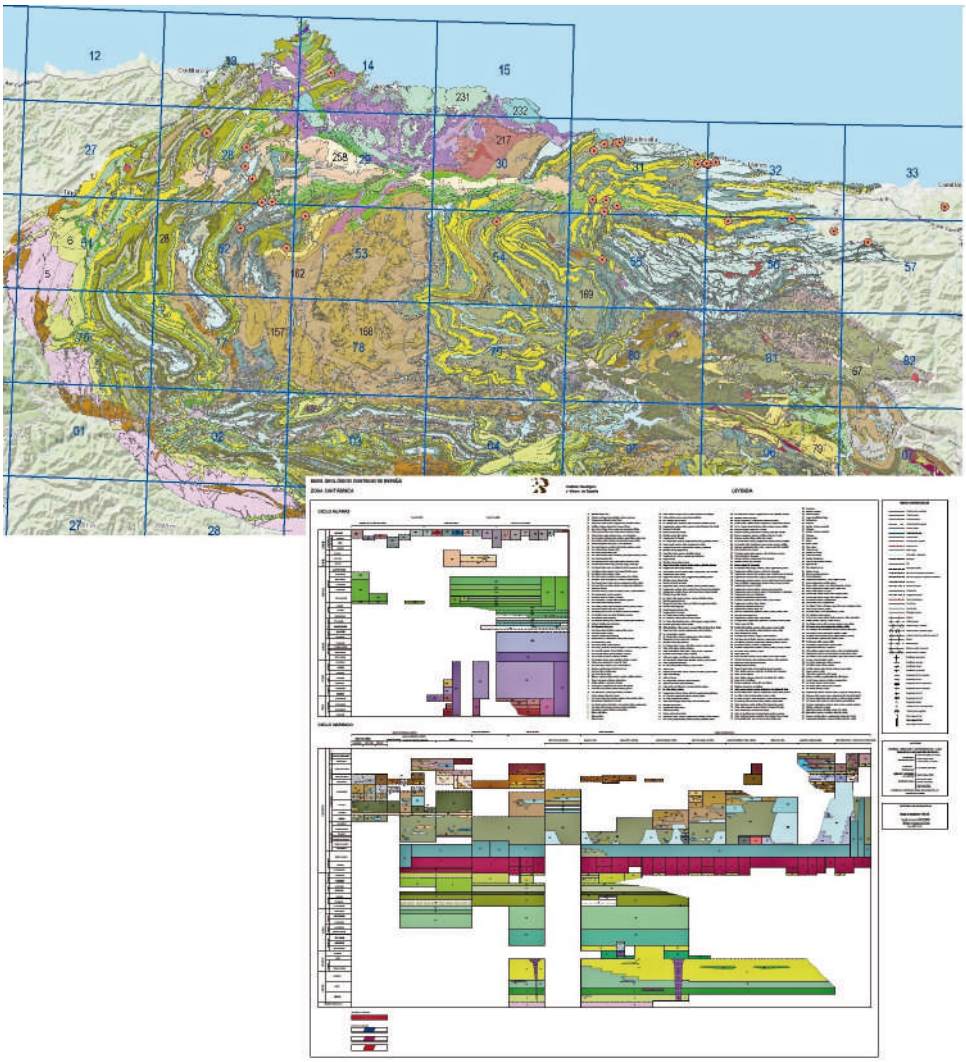
El Real Decreto de 28 de julio de 2007 aprueba el SGR oficial en España (Península y Baleares) y establece, a partir de la entrada en vigor de este, la oficialidad del SGR ETRS89 (*European Terrestrial Reference System* 1989) para la nueva cartografía que se produzca. Por ello, ha sido necesario homogeneizar los datos del trabajo a un único sistema. En este caso hemos utilizado el sistema de proyección UTM en su huso 30 y esferoide ETRS 1989.

De aquellas ocupaciones de las que se tienen coordenadas se han incluido en varios ficheros en formato Excel, según su SGR (fig. 4). Estos ficheros son de tipo tabular y en ellos se incluye un código de yacimiento y las coordenadas X (longitud) e Y (latitud) con la ubicación de este. Estos datos se pueden incorporar a nuestro GIS con la ayuda de las herramientas correspondientes, los distintos ficheros generados se han proyectado al SGR del trabajo y se han unido en una capa única o *feature*. Posteriormente, mediante edición de datos en pantalla gráfica y la ayuda de mapas-base, se ha comprobado la correcta situación de estos. De igual forma, se han añadido aquellos yacimientos que carecían de coordenadas, pero de los que conocemos su ubicación a través de mapas de situación en la bibliografía. Al final, el número total de entidades generadas ha sido de 139 puntos (fig. 5), correspondientes a 86 yacimientos, ya que algunos de ellos se extienden a lo largo del tiempo, ocupando sucesivas cronologías, siendo el más dilatado la Cueva de Morín, que abarca desde el Chatelperroniense al Magdaleniense.

Se ha identificado cada elemento (hábitat) con un código único e irrepetible, es decir, no hay dos registros iguales. Con ello se evita la redundancia de la información y la duplicidad de registros. Se ha generado también una tabla con la información adicional sobre los yacimientos, obtenida a través de la bibliografía, como son: tipología de la ocupación/yacimiento (cueva, abrigo...),

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 93 14/12/23 08:06:47

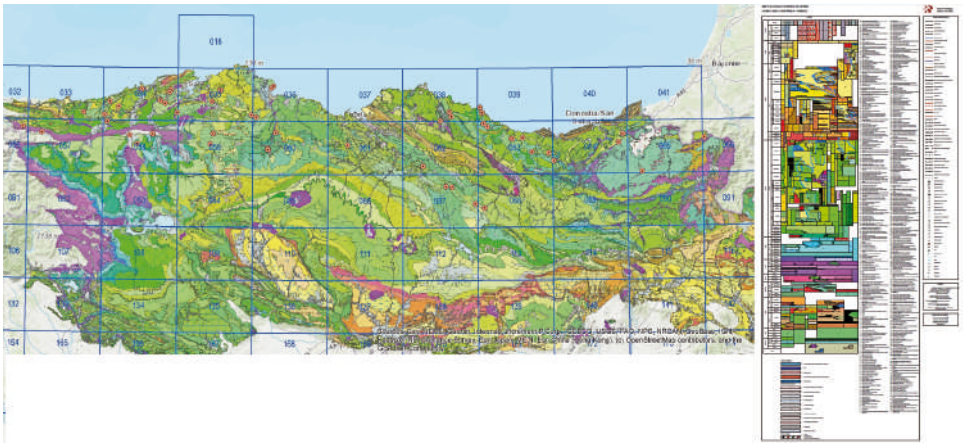
nombre de este, cronología, cota, municipio, provincia, paraje. Esta tabla se relaciona con la capa de coordenadas a través del código del yacimiento en una relación 1:1.



Fuente: Elaboración propia según la leyenda cronoestratigráfica del Instituto Geológico y Minero de España.

FIGURA 4

Formaciones geológicas representadas en el GEODE (IGME) Zona Cantábrica (Z1000)



Fuente: Elaboración propia según la leyenda cronoestratigráfica del Instituto Geológico y Minero de España.

Figura 5

Formaciones geológicas representadas en el GEODE (IGME)
Zona Pirineos-Vascocantábrica (Z1600)

3.4. Formaciones geológicas

Las formaciones geológicas se han obtenido de uno de los productos digitales de los que dispone el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), como resultado del plan GEODE. Esta información es el resultado de la integración cartográfica de las hojas geológicas 1:50.000 del proyecto MAGNA. Se divide en diecinueve zonas o regiones en función de los dominios geológicos peninsulares. Para este trabajo se ha requerido la información de las zonas Z1000: Cantábrica (Merino-Tomé *et al.* 2015); y Z1600: Pirineos-Vascocantábrica (Robador Moreno *et al.*, 2015). La información digital de este proyecto viene en formato ESRI *shapefile* (shp) en el SGR ED50 UTM Zona 30N (EPSG: 23030), por lo que ha tenido que ser proyectada al SGR de nuestro trabajo.

Las capas del GEODE (V_Z1000RGEO.shp y V_Z1600RGEO.shp) contienen una serie de campos, como son la descripción litológica (DESC_UNIT) y edad (NAME_EDA1 y NAME_EDA2), a través de los cuales vamos a poder identificar, con la bibliografía, aquellos afloramientos (polígonos) cuyas formaciones geológicas van a contener sílex o cuarcita (fig. 6 a 8).

CODE_UNIO	First_DESC	CODE_ORDEN
52	Fm. Vegamián: lutitas negras con nódulos de fosfato, manganeso y chert	100052
53	Fm. Alba: calizas nodulosas rojas y rosadas, margas y cherts rojos	100053
54	Fms. Vegamián (pizarras negras) y Alba (calizas nodulosas y cherts)	100054
56	Fms. Cándamo-Baleas (calizas encriníticas) y Alba (calizas nodulosas y cherts)	100056

CODE_UNIO	First_DESC	CODE_ORDEN
79	Esquistos multicolores, calizas pardas y silex. Fms. Suriain y Arga	160079
87	Silexitas	160087
127	Calizas arenosas y bioclásticas con nódulos de silex. Margas arenosas y areniscas	160127
229	Brechas polimícticas y calcarenitas con silex	160229
288	Calizas micríticas con silicificaciones	160288
307	Calizas con nódulos de silex	160307

FIGURA 6

Tablas con las formaciones geológicas de la base de datos cartográfica del GEODE (Z1000 y Z1600) en la que se han seleccionado aquellas con probable presencia de sílex

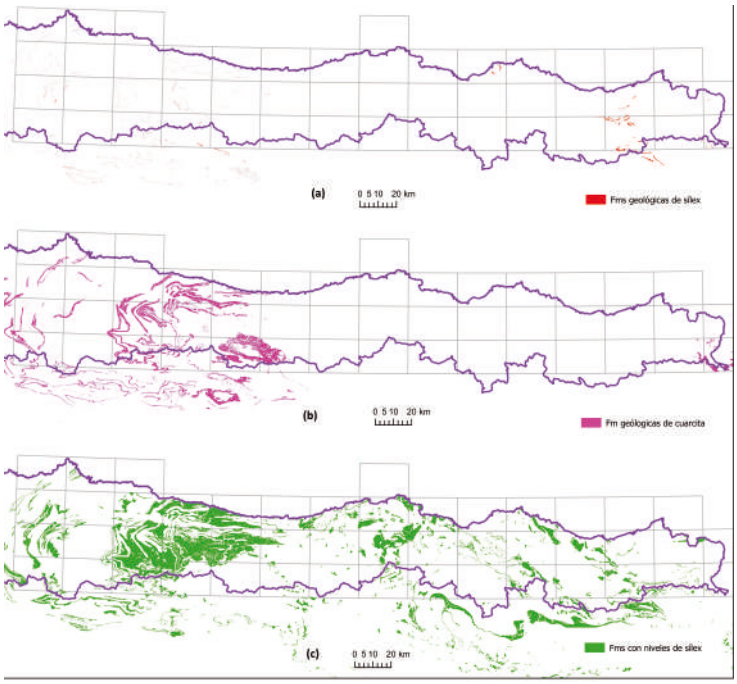


FIGURA 7

Mapas de formaciones geológicas (a) con sílex como litología principal; (b) de cuarcita; y con niveles de sílex (datos GEODE del IGME)

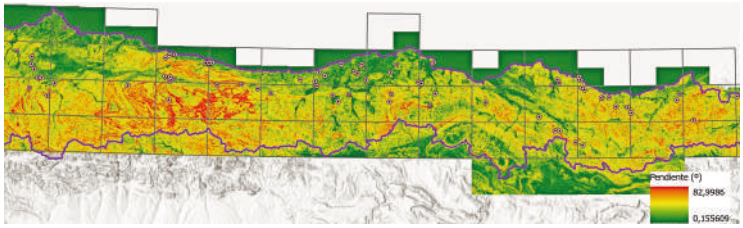


FIGURA 8

Mapa de pendientes en grados sexagesimales de la zona de estudio (datos MDP-5 del IGN-CNIG)

Antes de ejecutar las herramientas de análisis, hemos separado las formaciones favorables en tres clasificaciones. Esto, por un lado, nos permite afinar más en la relación espacial yacimiento-afloramiento /área fuente y, por otro, ahorrar tiempos y coste de memoria de máquina durante la ejecución de los cálculos. Estas divisiones se han realizado a través de la base de datos mediante una selección por atributos, y son las siguientes:

1. Formaciones geológicas compuestas principalmente por sílex o sus derivados, es decir, aquellas en las que en su descripción litológica contiene la palabra sílex, chert, lidita (fig. 9).
2. Formaciones con cuarcitas (fig. 10).
3. Formaciones geológicas en las que, a través de la bibliografía, se sabe que pueden contener sílex en algunas áreas de afloramiento (fig. 11).

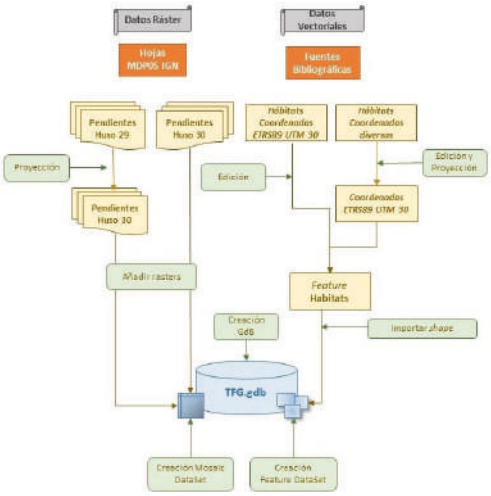
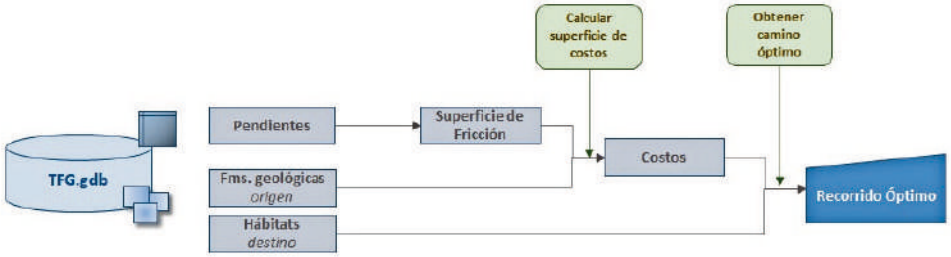


FIGURA 9

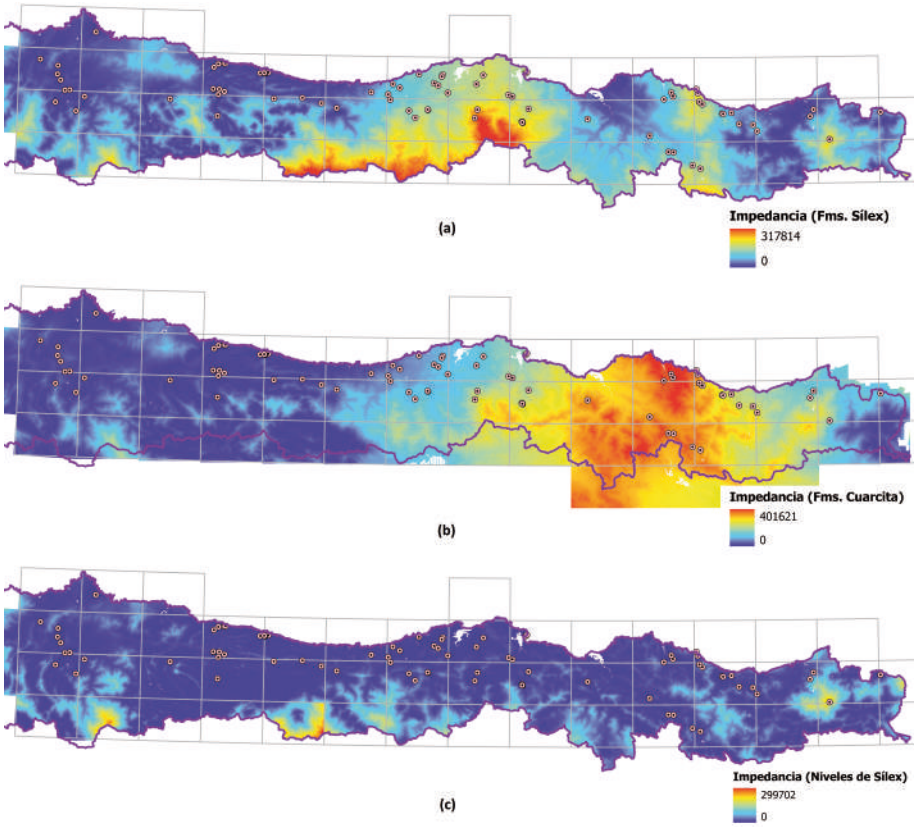
Esquema de la creación de la geodatabase, TFG.gdb



Fuente: Elaboración propia basado en Santos y Cocero, 2006: 258.

FIGURA 10

Diagrama de flujo de trabajo de las operaciones realizadas para conseguir el recorrido óptimo



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos MDP05 del IGN.

FIGURA 11

Mapa de Coste de Distancia (Impedancia) desde las formaciones geológicas (a) de sílex; (b) de cuarcita; y (c) con niveles de sílex

A partir de estas selecciones hemos generado nuevas capas: Fm_cSilex, Fm_cQuarz, Fm_cSilice.

3.5. Pendientes

Para obtener los datos del terreno, se ha utilizado el Modelo Digital de Pendientes 1.ª Cobertura (MDP) del Instituto Geográfico Nacional (IGN), a través de su Centro de Descargas[1]. Esta información se encuentra en formato ráster, en concreto en ASCII de ESRI. Tiene un paso de malla de 5 metros, proyección UTM en su huso correspondiente y *datum* vertical referido al nivel medio del mar en Alicante. El valor de la pendiente se expresa en grados y fracción de grados sexagesimales. El problema de estos datos es que también tiene en cuenta estructuras actuales (carreteras, embalses, puentes, etc.) que, obviamente, no existían en el Paleolítico, algo para tener en cuenta a la hora de analizar los resultados. Esta información viene en el mismo SGR que el utilizado en el trabajo (fig. 12).

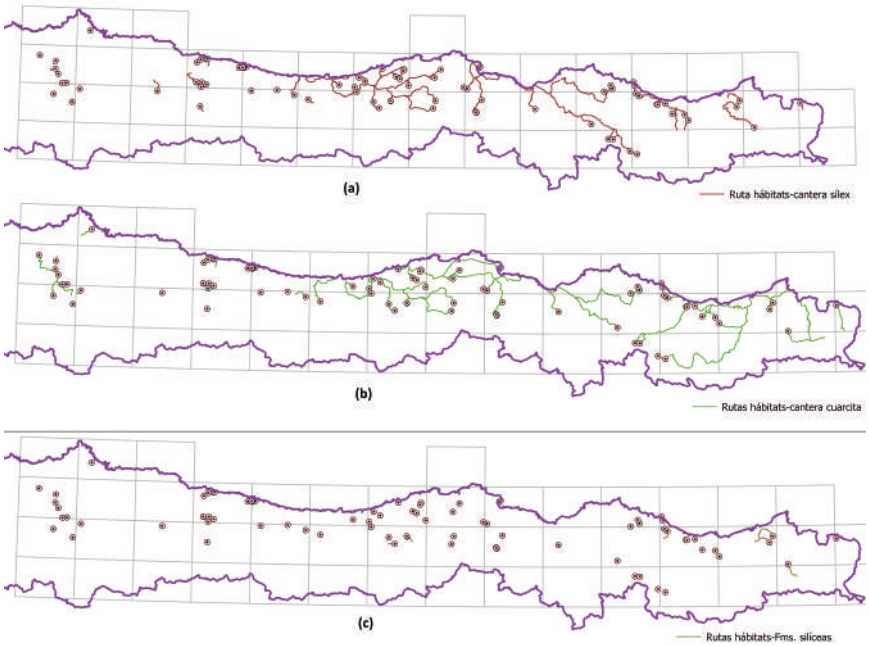


Figura 12

Mapa de Rutas de Coste desde las formaciones geológicas (a) de sílex; (b) de cuarcita; y (c) que contienen niveles de sílex a los yacimientos paleolíticos

[1] *http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/linkUnMD*

3.6. Entidades complementarias

Como entidad complementaria se ha utilizado la división de cuencas hidrográficas del CEDEX. Éstas nos servirán para delimitar nuestra zona de estudio, ya que suponemos que, para un aprovisionamiento de materias primas, no haría falta realizar unos desplazamientos tan dificultosos como sería atravesar las líneas de cumbres.

4. MÉTODOS

Previamente a la ejecución del proyecto es necesario planificar lo que serán las diferentes fases de este para que se realicen correctamente y en el orden adecuado.

1. Definir las cuestiones que se quieren investigar: Se pretende realizar un cálculo de rutas desde los lugares de ocupación (yacimientos) a los de aprovisionamiento (formaciones geológicas susceptibles). Esto permitirá a futuros investigadores tener una mayor aproximación en la relación hábitat-área fuente, a la hora de realizar estudios de tipo más exhaustivos (petrológicos).
2. Análisis espacial de datos: Qué herramientas GIS nos van a ayudar a obtener los resultados deseados.
3. Resultados esperados: Base de datos con acceso multiusuario de información de los yacimientos del Paleolítico superior de la Cordillera Cantábrica; y aplicación web de consulta de datos orientada a investigadores y estudiantes.
4. Herramientas empleadas: Como es sabido, estos sistemas integran distintos elementos básicos como son el *hardware*, *software*, los datos y los usuarios, tanto los desarrolladores que los usan como herramienta para realizar determinados productos, como los clientes finales a quienes van destinados.

Este trabajo se estructura conforme a los dos tipos de entregables generados durante el proyecto: Geodatabases y Aplicaciones.

1. Geodatabases multiusuario: corresponden a los datos utilizados para la realización del proyecto, en formato GdB de ArcGIS.
2. Las Aplicaciones, que consisten en:

    a) Servicio de mapas de consultas de estado.
    b) Mapa de ArcGIS Online de consulta que consume el servicio anterior y mapas base.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 100 14/12/23 08:07:28

5. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. La materia prima: el sílex y la cuarcita

El sílex es una roca sedimentaria de naturaleza silícea, dura y de grano muy fina y textura compacta. Presenta coloraciones que pueden ir desde el blanco, rojo, gris, etc., al negro, con brillo vítreo. Se suele presentar formando capas continuas (sílex estratificado) o, debido a su fractura concoide o escamosa, en nódulos arriñonados (sílex nodular). En algunos casos forman bandas concéntricas claras y oscuras. Al calentarse se suele fragmentar en círculos concéntricos (Menéndez *et al*., 1997).

Su origen o ambiente de formación geológico puede ser orgánico o inorgánico. En el primer caso proceden de la diagénesis de rocas silíceas organógenas como calizas que incluyen fósiles con esqueleto de naturaleza silícea tipo equinodermos, radiolarios (radiolaritas) o diatomeas (diatomitas), formadas en ambientes marinos bentónicos principalmente. Suelen ser abundantes en las calizas compactas del Mesozoico. En el segundo caso, puede ser por reacción química de soluciones silíceas a diferentes rocas preexistentes o transformación de otros sedimentos previos como silicatos sódicos o arcillas (Bustillo *et al*., 2012).

Existe bastante confusión acerca de la terminología de las rocas silíceas: sílex, pedernal, calcedonia, ópalo, *chert*, lidita, etc. Según sea esta utilizada por geólogos o arqueólogos puede tener un significado distinto, o incluso dentro de un mismo colectivo puede variar según la escuela de formación: anglosajona, latina, americana, etc. Así, mientras para los geólogos el *chert* es una roca silícea formada por precipitación, para un arqueólogo tiene un significado de calidad del sílex. La lidita es una variedad del jaspe negro que contiene materia carbonosa, lo que le da su aspecto.

Las cuarcitas son areniscas con un 90-95% de granos de cuarzo, sólidamente cementadas, a su vez por este mineral. La mayoría de ellas ha sufrido un ligero metamorfismo. Todo ello da lugar a una roca masiva, dura y de colores claros (blanco, amarillo, grisáceo, etc.). Se incluye dentro de ellas las que son de origen sedimentario (cuarzoarenitas u ortocuarcita), como metamórfico (metacuarcita). Desde el punto de vista geológico estricto, sólo son cuarcitas las de este segundo origen.

Dada su resistencia a la erosión, es fácil encontrar cuarcitas y sílex en depósitos fluviales como cantos rodados. Al ser de menor calidad para la talla, era menos usada como materia prima en la elaboración de herramientas líticas.

Los artesanos paleolíticos también utilizaron otros tipos de rocas para la fabricación de sus útiles como la obsidiana, pero, dada su relativa escasez en la zona de estudio, no se ha considerado en este trabajo.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 101 14/12/23 08:07:28

5.2. Las formaciones silíceas

Como ya se señaló anteriormente, la zona de estudio se divide, desde el punto de vista geológico-estructural, en dos áreas: el Macizo Asturiano al O y la Cuenca Vasco-Cantábrica al E.

El Macizo Asturiano se corresponde con la denominada Zona Cantábrica de la clásica división de la cadena Hercínica occidental (Julivert *et al.*, 1972). Esta región geológica (Macizo Ibérico o Hespérico), que ocupa principalmente la zona oriental de la Península Ibérica, fue plegada y deformada durante la Orogenia Varisca (Hercínica), que tuvo lugar durante el Carbonífero medio y, por tanto, afecta a los materiales anteriores a dicha edad. Movimientos de reajustes en etapas posteriores han vuelto a generar relieves acusados en esta zona asturiana.

Una de las características principales del Macizo Asturiano es el fuerte desarrollo de los materiales correspondientes al Devónico y Carbonífero. Estos suelen ser de naturaleza carbonatada de origen marino poco profundo, con formaciones arrecifales; o también continental-lacustre (parálico) que dieron lugar a importantes formaciones de carbón. Infrayacentes a estos materiales, encontramos formaciones del Paleozoico inferior en el que dominan las formaciones siliciclásticas. Al contrario que otras zonas del Macizo Hespérico, se detecta la ausencia de litologías de origen metamórfico y las de origen magmático son poco significativas. Estructuralmente se define por la presencia de cabalgamientos, mantos de corrimiento y abundantes fallas que, como ya hemos señalado, fueron reactivados por movimientos verticales más recientemente. La Zona Cantábrica representa la zona externa de la Cordillera Varisca (Bastida & Aller, 1995).

Según autores citados anteriormente, en esta zona se pueden diferenciar cinco regiones con diferentes peculiaridades estratigráficas y estructurales: Región de Pliegues y Mantos, Cuenca Carbonífera Central, Región de Mantos (o Región del Manto del Ponga), Picos de Europa y Región del Pisuerga-Carrión (Julivert, 1967; Bastida & Aller, 1995; Duarte *et al.*, 2016).

La Cuenca Vasco-Cantábrica se extiende desde el Este de Asturias hasta la frontera franco-española. Pertenece ya al ciclo Alpino, que comienza al final del Pérmico (final de la Orogenia Varisca), abarcando todo el Mesozoico y Cenozoico inferior (Eoceno-Oligoceno), cuando tiene lugar la Orogénesis Alpina, con el levantamiento de los materiales pre-orogénicos.

Durante esta época, el Macizo Ibérico occidental va a permanecer, en general, emergido y rodeado de mares epi-continentales de escasa a media profundidad, en donde se van a producir sedimentaciones importantes de origen marino, principalmente (zona occidental). Por el contrario, en otras zonas del Macizo, como la Pirenaica, éste emergerá como grandes islas rodeadas de mares profundos que van a dar lugar a depósitos poco potentes (zona oriental). Lógicamente, durante este amplio ciclo que dura unos 250 millones de años, se presentan, numerosas especificidades tanto geográficas como temporales.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 102 14/12/23 08:07:28

En esta zona Vasco-Cantábrica, los materiales mesozoicos y cenozoicos (Paleógeno) se encuentran formando numerosos pliegues, aumentando hacia la zona del País Vasco, donde estos pliegues se vuelven asimétricos hasta forman estructuras cabalgantes hacia el NE. Estos plegamientos se han visto favorecidos, en algunos casos, por la presencia de los materiales salinos en facies Keuper.

5.2.1. *Formaciones geológicas paleozoicas*

Como señalan Duarte *et al*. (2016), en las formaciones del Paleozoico inferior (Cámbrico, Ordovícico, Silúrico) y Devónico son escasas las formaciones geológicas con presencia de sílex, sin embargo, sí son ricas en cuarcitas, nominando a alguna de ellas. En el Carbonífero son mucho más numerosas las capas con sílex. La explicación puede estar en la radiación evolutiva de grupos de organismos con esqueletos silíceos, como los equinodermos y radiolarios. Entre ellas, se han seleccionado para el presente trabajo las siguientes:

Formación Cuarcita de Barrios

La formación Barrios está formada principalmente por cuarzo-arenitas muy consolidadas, de color blanco o gris claro y pizarras. Su distribución temporal abarca desde el Cámbrico medio al Ordovícico medio. Presentan espesores de unos 500 m de media, pudiendo llegar hasta los 1.000 m. Su resistencia a la erosión da lugar a relieves fuertes a medios, conformando sierras y cabos (cuarcita de Los Cabos) pronunciados. El origen de estos sedimentos se asocia con ambientes de llanura deltaica (Aramburu, 1995; Prieto *et al.*, 2021). Se corresponde con la cuarcita armoricana que aflora en otros puntos del Macizo Ibérico, en el Oeste Europeo, Norte de África (Atlas) y Este de Norteamérica (Apalaches).

Formación Ermita

Esta formación se compone esencialmente de areniscas cuarcíticas y cuarcitas micro-conglomeráticas con calizas a techo. Sus espesores son poco importantes, apenas llegando a los 60 m. Cronológicamente representa el final del Devónico en tránsito al Carbonífero.

Formación Vegamanián

Esta formación consiste en una alternancia de pizarras negras con nódulos de manganeso y capas lenticulares de chert negro o liditas (Fernández, 1995). Éstas últimas se sitúan, generalmente a muro y techo de la formación, con una potencia que no suele llegar a los 10 cm (Duarte *et al*., 2016). Pertenecen al primer piso del Carbonífero, el Tournaisiense.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 103 14/12/23 08:07:28

Formación Alba

Se trata de una formación calcárea nodulosa de color rojizo que alcanza espesores entre 35-45 m. Principalmente consiste en calizas micríticas, bioclásticas y fosilíferas, con niveles centimétricos de radiolaritas. Se pueden encontrar afloramientos de esta formación en la mayor parte de la Zona Cantábrica. Esta formación se conoce también como Caliza «*griotte*». Su datación abarca del Tournaisiense superior al Namuriense-A inferior (Julivert & Navarro, 1984; Fernández, 1995; Duarte *et al.*, 2016).

Formación Barcaliente

También conocida clásicamente como «Caliza de Montaña» por destacarse en el paisaje por su potencia y color gris blanquecino, dando lugar a los resaltes tan característicos de las montañas leonesas (Babia) y asturianas. Está formada por calizas micríticas masivas que llegan a alcanzar los 250 m en la vertiente asturiana, llegando a los 800 en la leonesa. A pesar de ser prácticamente azoica, se le asigna una edad entre el Namuriense y el Serpukhoviense. Como la formación anterior, se extiende por toda la Zona Cantábrica (Fernández, 1995). El sílex se sitúa a base de la formación en pasadas de unos 10 cm de espesor en las áreas del manto del Ponga y Picos de Europa (Duarte *et al.*, 2016).

Formación Valdeteja

Constituye la parte superior de la formación anterior. La integran también calizas compactas claras generadas en un ambiente de plataforma continental. Se diferencia de la subyacente por tener un alto contenido fosilífero y porque va aumentando su proporción en terrígenos a techo (depósitos de talud). Su potencia varía entre los 200 y 800 m (Fernández, 1995). El sílex se suele encontrar próxima al contacto con la formación infrayacente (Duarte *et al.*, 2016). Su datación va desde el Namuriense-B hasta el Westfaliense-A.

Formación Ricacabiello

Esta formación inicia la sucesión carbonífera del área del Manto del Ponga. Se encuentra sobre la formación Barcaliente. Está constituida por pizarras grises y verdosas que alcanzan los 30 m y con un nivel de calizas a y nódulos de manganeso a techo de, aproximadamente, metro y medio. Su edad es similar a la de Valdeteja (Fernández, 1995).

Formación Beleño

Esta formación se encuentra sobre la de Ricacabiello y está formada por una alternancia de calizas, lutitas, pizarras y areniscas. Corresponde, en general, a depósi-

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 104 14/12/23 08:07:29

tos turbidíticos (Martínez García, 1981). En la zona de Pendueles, Martínez-García *et al*. (1971) describen niveles de chert espongiolítico con espesores que llegan a los 40 cm (tramo 2) al que sigue un tramo de calizas con niveles de chert. En general, llega a alcanzar los 500 m de potencia (Duarte *et al*., 2016). Cronológicamente es una formación que se extiende desde el Westfaliense A (Bashkiriense final) hasta el C (Moscoviense medio). Informalmente se la denomina «*Flysch de Pendueles*».

Formación Escalada

Formada principalmente por carbonatos micríticos y bioclásticos de color claro con intercalaciones de lutitas y carbón, llegan a alcanzar una potencia de 300 m. Aunque lateralmente se va acuñando hasta desaparecer, poniendo en contacto la formación anterior con la siguiente (Fernández, 1995). Las concentraciones de sílex tienen lugar en franjas de unos 40 m (Duarte *et al*., 2016).

Formación Fito

Constituida por una alternancia de pizarras y areniscas con niveles de calizas, carbón y alguna pasada de sílex. Llega alcanzar hasta los 2.000 m de espesor. Corresponden a depósitos costeros con episodios de somerización (carbón). Su datación es Westfaliense-D (Moscoviense superior). Con ella se concluye la sucesión del Manto del Ponga (Fernández, 1995; Duarte *et al*., 2016).

Formación Picos de Europa

Da nombre a esta unidad de cabalgamiento de la Zona Cantábrica. Se dispone sobre la Formación Valdeteja. Está formada por un potente conjunto carbonatado que alcanza los 800-900 m de potencia. En la parte inferior las calizas son oscuras, de tipo bioclástico y presentan una estructura tableada en alternancia con margas, lutitas y pasadas de sílex. Su edad se encuentra entre el Westfaliense A-B hasta el D (Moscoviense).

Grupo Lena

Se encuentra dentro del área de la Cuenca Carbonífera Central. Comprende formaciones litológicas formadas, principalmente por sedimentos terrígenos como pizarras, areniscas y capas de carbón, que alcanzan casi los 3.500 m de espesor. En este Grupo se han registrado, al menos, seis megaciclos o paquetes deposicionales (Salvador, 1991). Fernández (1995) y Duarte *et al*. (2016) citan la presencia de sílex en la parte superior del primer megaciclo, formado por calizas micríticas grises (Peñarredonda). Duarte *et al*. (2016) también lo mencionan en el cuarto paquete (Tendenyón) dentro de una secuencia formada por calizas y lutitas con pasadas de areniscas.

Formación Las Llacerías

Se encuentra ya dentro de la sucesión tardiorogénica cuyos materiales se depositaron ya durante el Estefaniense. En el caso de esta formación, más concretamente en el Kasimoviense. La sucesión estratigráfica comienza con conglomerados a los que siguen unas lutitas y termina con una fase carbonatada. En estos últimos estratos aparece un sílex negro en forma nodular (Duarte *et al.*, 2016).

Formaciones Mogrovejo Viorna y Cavandi

Se trata de formaciones formadas por alternancia de pizarras y areniscas con brechas calcáreas intercaladas. Tienen un origen marino, principalmente turbidítico. Llegan a alcanzar los 600 m de potencia (Fernández, 1995). Cronológicamente pertenecen al Moscoviense superior. Las areniscas son de tipo cuarzoarenítico. La ausencia de procesos de cementación diagenética les dan una compactación bastante apta para su uso como materia prima para la talla (Prieto *et al.*, 2021).

Formación Caravia

Consiste en sedimentos detríticos de origen fluvial, formados por una sucesión rojiza vinosa de lutitas, areniscas y conglomerados poligénicos bastante desarrollados («*Conglomerado de La Riera*»). Su potencia varía entre los 250-500 m. Aunque no se ha datado con precisión se considera que pertenece al Pérmico inferior, aunque no se excluye que la parte terminal pudiera ser triásica (García-Ramos & Gutiérrez-Claverol, 1995). En los conglomerados se ha descrito la presencia de sílex negro (Prieto *et al.*, 2021).

5.2.2. *Formaciones geológicas mesozoicas y cenozoicas*

El Triásico está representado en sus tres facies germánicas características, Buntsandstein (detrítico), Muschelkalk (carbonatado) y Keuper (arcillas abigarradas, ofitas y evaporitas). Son pocos los afloramientos en la zona de estudio, especialmente en el Macizo Asturiano, donde sólo existe la primera de ellas y además se confunde con el Pérmico. No se ha encontrado citas de la presencia de sílex en estas formaciones, aunque sí de cuarcitas en el *Bund*, aunque fuera de la zona de estudio. En el Jurásico y Cretácico, a pesar de tener formaciones bastante desarrolladas, las citas de la presencia de sílex y cuarcitas son menos numerosas.

Formación Gijón (Lias)

Se sitúa en el tránsito del Trías al Jurásico y representa el comienzo de la transgresión marina jurásica. Se trata de una caliza oolítica con cantos decimé-

tricos de sílex grisáceo. Están datadas como Hettangiense-Sinemuriense (Duarte *et al*., 2016).

Calizas con nódulos de sílex del Calloviense (Dogger)-Kimmeridgiense (Malm)

Formado por una serie de calizas grises algo arenosas con nódulos de sílex en la base, llega a tener una potencia total que casi alcanza los 200 m. Se relaciona con ambientes deposicionales submareales de plataforma interna (Ramírez *et al*., 1986). Afloran sólo en la Zona Vasco-Cantábrica.

Complejo Urgoniano

Formado principalmente por calizas con rudistas con intercalaciones de margas lutitas, areniscas y conglomerados, formados en un ambiente de plataforma carbonatada somera con un gran desarrollo arrecifal (rudistas). Su datación va desde el Aptiense al Albiense. Las silicificaciones son escasas y, de momento, no parece que el sílex asociado a este complejo haya sido muy aprovechado como materia prima (Tarriño, 2001). Sólo se observa en la Zona Vasco-Cantábrica.

Formaciones del Cretácico terminal

Respecto a las formaciones del final del Cretácico tenemos, en la Zona Cantábrica la «*Formación Oviedo*», mientras que en la Zona Vasco-Cantábrica, Tarriño (2001) las divide en las que se encuentran en el Arco Vasco y las del Dominio Navarro-Cántabro. La primera de ellas se trata de una formación carbonatada formada principalmente por calizas bioclásticas con numerosos fósiles. Su edad va desde el Coniaciense al Santoniense. Su origen se asocia a una plataforma carbonatada somera en la cual las facies arrecifales tuvieron un gran desarrollo. Esta formación representa un ascenso generalizado del nivel del mar (García-Ramos & Gutiérrez-Claverol, 1995). El sílex («sílex de Piloña») sólo se conserva en la parte alta de la formación (Tarriño *et al*., 2013; Duarte *et al*., 2016). Las silicificaciones del Arco Vasco se caracterizan por presentarse en materiales de origen turbidítico (Flysch) y las del Dominio Navarro-Cántabro están relacionadas con depósitos de plataforma carbonatada, como son la Formación de Ribera Alta o los litosomos de la Sierra de Cantabria (Tarriño, 2001).

Pudinga de Posada

Exclusiva de la Zona Cantábrica, se trata de un conglomerado con cantos carbonatados del Paleógeno. Formada principalmente por la erosión de las rocas carbonatadas del Cretácico (García-Ramos & Gutiérrez-Claverol, 1995). Se encuentra en contacto con la Formación Oviedo. En algunas localidades pre-

senta clastos de sílex (sílex de Piloña), generalmente en la parte basal de la columna estratigráfica (Tarriño *et al.*, 2013; Duarte *et al.*, 2016).

5.3. Análisis espacial de los datos

Los análisis geográficos nos permiten estudiar procesos del mundo real mediante el desarrollo y aplicación de modelos. Dichos modelos ilustran las tendencias en los datos geográficos, al hacer disponible nueva información. Un GIS consigue este proceso con las herramientas disponibles que se pueden combinar en secuencias significativas para desarrollar nuevos modelos. Estos modelos pueden revelar relaciones nuevas o relaciones no identificadas previamente, dentro y entre el conjunto de datos, aumentando nuestro conocimiento del mundo real (Zeiler, 1999).

5.3.1. *Creación de la geodatabase*

Una forma eficiente de aglutinar en un solo fichero todos los datos que se va a utilizar es una *geodatabase*. Consiste en un formato de datos implementado a partir de ArcGIS en el que se pueden recopilar en un mismo fichero diferentes clases de información de tipo geográfica, con modelos de entrada que van desde los usuales formatos de tipo vector (*shapefiles*) hasta diferentes modelos de tipos ráster, como pueden ser Modelos Digitales del Terreno (MDT), imágenes de satélite u ortofotos; y también tablas de datos.

El modelo de datos a aplicar en este trabajo se ha concebido como un sistema de gestión organizado sobre una geodatabase común, que comparta unas geometrías e integren, al máximo posible, diferentes tipos de datos. Dicho sistema permite el registro, validación, búsqueda, recuperación, visualización, análisis y exportación de los datos.

Una vez cargada en el GIS toda la información cartográfica necesaria y homogeneizada en un mismo SGR, se ha generado una geodatabase. Esta se ha nominado como TFG.gdb. En ella se ha creado un *dataset* de Entidades, Temas_TFG, dentro del cual se incorporarán las distintas clases de entidad (*Feature class*) utilizadas en el estudio. También, para una mejor gestión y distribución de los datos ráster, se ha generado un *Mosaic Dataset* con las hojas del MDP descargadas, dentro de la geodatabase (TFG.gdb) (fig. 13). Con ello tendremos una mejor estructuración de los datos ráster y reduciremos el tiempo en su procesamiento.

5.3.2. *Herramientas de distancia con coste ponderado*

El cálculo de distancias es una de las funcionalidades de los GIS tanto vectoriales como ráster. En los primeros, disponen de herramientas de proximidad

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 108 14/12/23 08:07:29

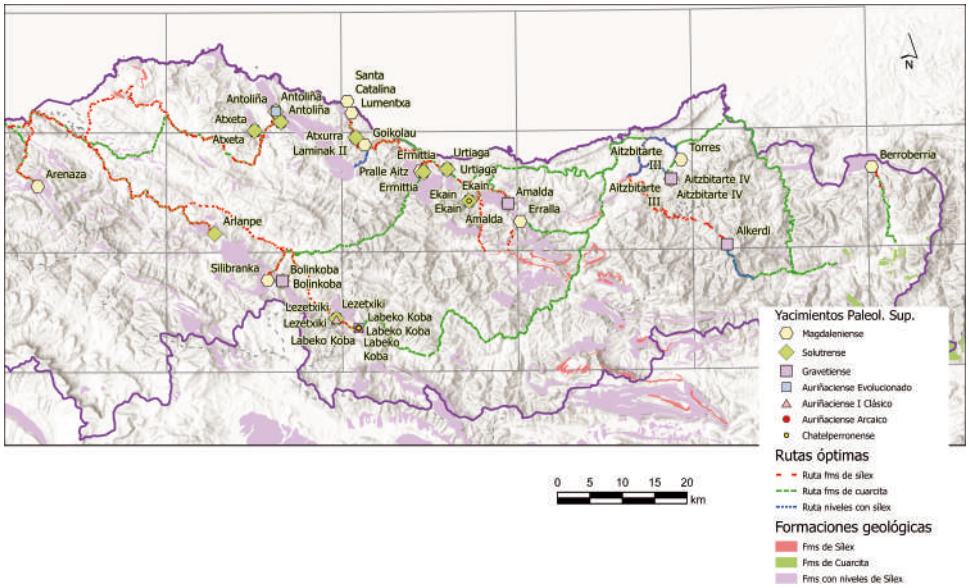


Figura 13

Detalle de las Rutas de Coste desde las posibles canteras de sílex y cuarcita a los asentamientos paleolíticos

basadas en entidades (puntos, líneas y polígonos). En los segundos, forman parte de las operaciones de vecindad, aquellas que relacionan unas celdas origen con el resto. Estas operaciones pueden ser de vecindad inmediata (aquellas que implican a las celdas adyacentes) o de vecindad extendida (aquellas que involucran celdas que no tienen que ser lindantes). El cálculo de distancias se incluye en estas últimas operaciones (Santos Preciado, 2009; Santos & Cocero, 2006).

Dentro de la serie de herramientas de Distancia, se encuentra la «Ruta de Coste». Esta herramienta no sólo evalúa la menor distancia entre dos puntos geográficos para determinar un itinerario entre ellos, sino también el coste o esfuerzo que supone ese desplazamiento. Esto suele ser útil, por ejemplo, para el diseño de una carretera entre dos poblaciones. Los «costes» que suelen implementarse, en estos casos, cuando se ejecuta la herramienta, pueden ser: el valor catastral del suelo, su grado de proyección ambiental, la pendiente, etc., asignándose los valores más altos (mayor coste) a los peores para el trazado de la carretera. Analizando estos costes, el GIS nos genera una ruta con el menor coste.

Para suponer cuáles podían ser las áreas de abastecimiento de materias primas se ha recurrido a estas utilidades de cálculo del corredor de menor coste. Para los GIS, el concepto de «corredor» es el resultado (coste acumulativo) que obtenemos en cada celda del ráster a partir de la suma de dos ráster de entrada (fig. 14).

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 109 14/12/23 08:07:45

Hábitats	Cronología	Dist. Silex (m)	Dist. Cuarc. (m)	Dist. Silice (m)
Abrigo de Cueto de la Mina	AuI, Gr, So, Mg	2.003,50	2.046,80	0,00
Abrigo de El Perno	Mg	80.259,66	119.497,11	0,00
Abrigo de Entrefoces	Mg	1.674,49	20,00	111,80
Abrigo de Silibranka	Mg	68.169,71	162.049,95	0,00
Abrigo/Cueva de La Viña	AuI, AuE, Gr, So, Mg	45,76	3.459,62	0,00
Cova Rosa	So, Mg	1.238,88	1.292,79	0,00
Covacha de Berroberría	Mg	4.193,17	16.047,96	179,44
Cueva de Aitzbitarte III	Gr, So	9.875,26	67.060,35	10.414,67
Cueva de Aitzbitarte IV	So, Mg	9.885,26	67.100,35	10.444,67
Cueva de Alkerdi	Gr	29.251,02	24.708,58	8.667,81
Cueva de Altamira	So, Mg	42.078,35	41.190,05	1.640,72
Cueva de Amalda	Gr, So	21.789,91	113.950,12	0,00
Cueva de Antoliña	AuE, So, Mg	47.029,60	219.250,60	0,00
Cueva de Arenaza	Mg	39.804,73	165.354,91	0,00
Cueva de Aitzanpe	So	48.618,76	204.670,29	0,00
Cueva de Atxeta	Mg	43.507,34	215.698,98	0,00
Cueva de Atxuna	So	42.110,53	137.859,68	1.268,27
Cueva de Balmori	So, Mg	2.119,08	2.304,09	0,00
Yacimiento de Bolinkoba	Gr, So	69.977,32	160.521,78	0,00
Cueva de Chufín	So	4.192,11	14.875,84	0,00
Cueva de Collubil	Mg	3.930,48	1.460,84	0,00
Cueva de Covalejos	AuI, So, Mg	73.666,90	66.876,83	1.283,98
Cueva de Cualventi	Mg	37.932,09	37.017,62	0,00
Cueva de Ekain	Ch, So, Mg	12.986,05	117.437,89	0,00
Cueva de El Castillo	AuA, Gr, So, Mg	73.312,54	65.159,50	4.634,00
Cueva de El Cierro	So, Mg	2.114,80	1.947,98	0,00
Cueva de El Juyo	Mg	78.111,46	68.210,84	4.236,66
Cueva de El Linar	Mg	45.615,74	40.926,17	0,00
Cueva de El Mirón	So, Mg	86.611,85	130.338,79	66,57
Cueva de El Pendo	Ch, Mg	75.752,15	68.999,88	911,93
Cueva de El Ruso/Camargo	So	78.087,49	69.462,79	0,00
Cueva de El Salitre	So	100.166,71	91.986,72	0,00
Cueva de El Valle	Mg	77.283,46	130.002,29	28,28
Cueva de Ermittia	So, Mg	27.391,59	118.792,23	0,00
Cueva de Ezralla	Mg	5.817,02	104.874,53	0,00
Cueva de Goikolau	Mg	39.433,54	135.182,69	5.806,30
Cueva de Hornos de la Peña	AuE, So, Mg	71.270,84	62.868,31	3.972,39
Cueva de la Bricia Mg	Mg	1.864,62	1.852,02	0,00
Cueva de La Chora	Mg	73.623,84	123.472,43	0,00
Cueva de la Cobeciza	So	20,00	84,85	0,00
Cueva de La Fragua	Mg	80.721,34	120.000,07	0,00
Cueva de la Fuente del francés	So	95.439,45	89.080,37	0,00
Cueva de La Garma	Mg	99.509,41	93.070,84	28,28
Cueva de La Güelga	Ch, AuI, So, Mg	346,66	380,66	0,00
Cueva de La Haza	So	86.007,46	138.731,23	324,93
Cueva de la La Riera	So, Mg	2.170,54	2.161,73	0,00
Cueva de La Lloseta	Mg	4.429,64	4.981,64	0,00
Cueva de La Lluera I	So, Mg	156,27	11.445,98	20,00
Cueva de La Lluera II	So	408,52	11.403,91	0,00
Cueva de La Luz	So	87.000,02	139.642,94	484,13
Cueva de La Meaza	So	25.904,77	26.649,46	781,90
Cueva de La Paloma	Mg	2.068,21	2.621,94	20,00
Cueva de La Pasiega	So	73.528,39	65.375,35	4.226,66
Cueva de La Pila	Mg	68.611,18	52.071,72	0,00
Cueva de Laminak II	Mg	42.009,38	137.779,09	1.255,27
Cueva de Las Caldas	So, Mg	1.677,57	12.611,14	0,00
Cueva de Lezetxiki	AuI, So, Mg	78.848,42	168.282,81	0,00
Cueva de Llonin	Gr, So, Mg	1.855,98	734,47	0,00
Cueva de Los Azules	Mg	10.834,39	319,58	832,27
Cueva de Los Canes	So, Mg	2.011,38	0,00	45,76
Cueva de Lumentxa	Mg	47.618,87	143.388,02	550,58
Cueva de Morín	Ch, AuA, AuI, AuE, Gr, So, Mg	81.048,89	72.928,22	0,00
Cueva de Oscura de Ania	Mg	3.591,67	6.396,49	0,00
Cueva de Peña de Candamo	So	173,14	12.443,08	0,00
Cueva de Peña Ferrán	Mg	8.136,47	387,11	0,00
Cueva de Pralle Aitz	Mg	27.786,37	104.269,87	0,00
Cueva de Ramales	So	86.723,11	139.435,49	201,42
Cueva de Santa Catalina	Mg	49.978,95	145.744,54	294,58
Cueva de Santimamiñe	So, Mg	46.125,62	218.302,87	0,00
Cueva de Sofoxó	Mg	204,67	9.584,99	0,00
Cueva de Sovilla	Mg	70.210,53	27.741,13	2.350,96
Cueva de Sulaxnia	So	10.437,19	662,70	1.129,49
Cueva de Tito Bustillo	Mg	4.186,30	4.729,44	0,00
Cueva de Torre	Mg	11.316,18	63.234,13	18.027,90
Cueva de Txeixalabces	So	2.438,15	2.444,99	0,00
Cueva de Urtiaga	So, Mg	20.405,63	115.225,55	0,00
Cueva de Viesca	Mg	4.155,23	4.707,23	0,00
Cueva de/del Rascaño	Mg	103.226,58	95.024,47	0,00
Cueva del Conde	AuA, AuI	1.544,40	3.372,66	0,00
Cueva del Cuélebre	So	1.604,55	1.544,88	928,04
Cueva del El Buxu	So	3.474,35	569,40	117,10
Cueva del Otero	Mg	74.168,64	123.846,67	0,00
Cueva del Sel del Agua	So	14.799,96	7.270,08	1.420,08
Cueva Oscura de Peña	So	96,57	7.289,47	0,00
Labeko Koba	Ch, AuA, AuI, AuE	83.698,71	164.216,84	46,06
Yacimiento de la Curranceja	So	42.637,84	43.438,24	2.365,30

FIGURA 14

Tabla con los resultados del cálculo del camino óptimo para los yacimientos del Paleolítico superior (en rojo aquellos descartados por superar los 20 km)

En nuestro proyecto, una vez, recopilados todos los datos de partida adecuados para su análisis, hemos calculado el «Coste de Distancia» (*Cost Distance*). Con esta herramienta obtenemos el valor de menor coste acumulado (impedancia) para cada celda del ráster resultante, teniendo en cuenta un origen, en nuestro caso las formaciones geológicas favorables, a partir del ráster de pendientes que define la dificultad o impedancia del desplazamiento por el terreno (figs. 15 a 17).

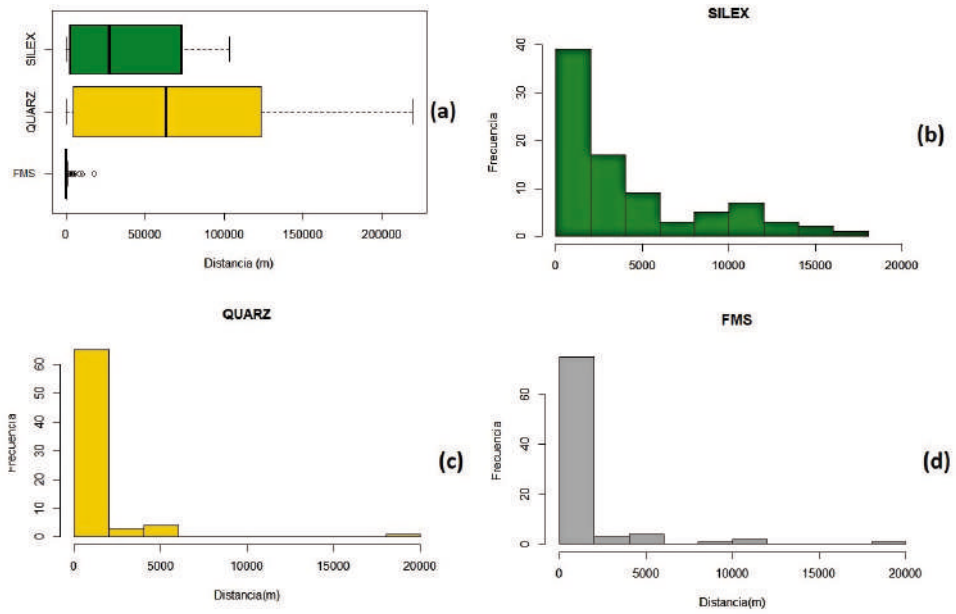


Figura 15

(a) Diagrama de cajas comparativo de las distancias de los asentamientos a las canteras para cada uno de los materiales considerados. (b) (c) y (d) Histogramas de las distancias, inferiores a 20 km, de los mismos a las formaciones geológicas de sílex, cuarcita y con niveles de sílex (FmS) respectivamente

Una vez calculado el coste de distancia podemos obtener la «Ruta de Coste» (*Cost Path*) para cada una de las formaciones geológicas seleccionadas (cuarcita, con sílex y con probabilidad de sílex). Esta herramienta genera una capa ráster con la ruta de menor coste, desde un punto (yacimiento) a su destino (área fuente) a partir del «Coste de Distancia» (figs. 18 a 21).

Como resultado final, se han obtenido las distancias de los 86 yacimientos considerados en el trabajo respectos de las áreas posibles de abastecimiento de materias primas. Como se explicó anteriormente, como formaciones geológicas susceptibles de contener estas materias, se han considerado aquellas formadas

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 111 14/12/23 08:07:46

por cuarcitas, las formadas principalmente por sílex y aquellas que en alguna parte de la formación está descrito algún nivel de sílex (FmS). Por tanto, en total analizamos 258 datos cuyos resultados se muestran en la fig. 22.

La estadística global indica que la distancia media a los yacimientos, independientemente del material que se obtiene, es de unos 35 km, alcanzándose un máximo de 220 km (fig. 23). Sin embargo, conviene segmentar el análisis de estos datos por el material obtenido. En el caso del sílex como componente principal de la formación geológica, la media es 36 km, con un máximo de 103 km. Para la cuarcita la media sería de 68 km.

Parece evidente que algunos valores obtenidos son excesivos para la búsqueda de materias primas (sílex y cuarcita). Por eso, se ha considerado también las FmS, en la que se obtienen valores más realistas, con una media de 1 km y un máximo 18 km. Una gráfica comparativa de estos yacimientos es el diagrama de cajas donde se ve la distancia de los yacimientos a las canteras (fig. 24).

Según Geneste (1991) es altamente improbable desplazamientos para la captación directa de más de 20 km. Siguiendo esta opinión y considerando atípicas para el análisis los afloramientos que superan esta distancia, en total habría 99 datos por analizar, de los cuales nos quedamos con 34 de cuarzo, 39 de sílex y 86 de FmS.

En este caso, la media es para el sílex de 4 km y el máximo de 16 km (figura 25). Para la cuarcita, la media es 800 m con un máximo de 18 km (figura 26). Para las FmS no se ha desechado ninguna distancia puesto que todas están por debajo de los 20 km, siendo la media de 1 km y el máximo de 28. Lo que convienen destacar es que 50 de ellas se encuentran a 0 km (sobre la formación geológica) (fig. 27).

Para minimizar los datos atípicos sería conveniente realizar análisis posteriores con cartografías geológicas más detalladas.

Los resultados quedan reflejados en diferentes mapas y tablas. También a través de una aplicación *web* o visor cartográfico (figs. 28 y 29). Al que se puede acceder en la siguiente dirección: *https://lsalafont.maps.arcgis.com/apps/View/index.html?appid=7682ea940f344c2e910c022fd2cdb3b7*

6. CONCLUSIONES

La utilización de GIS ofrece nuevos e interesantes enfoques en los estudios de la prehistoria como pueden ser los estudios de arqueología del paisaje o, como en este caso, conjeturar los posibles desplazamientos que realizaron los cazadores-recolectores para sobrevivir, a través de las herramientas de análisis de cálculo de rutas óptimas.

En nuestro caso, con la metodología utilizada, a partir de los puntos de asentamiento y las formaciones geológicas, se han obtenido una serie de rutas

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 112 14/12/23 08:07:46

que relacionan los distintos yacimientos prehistóricos con sus posibles áreas de aprovisionamiento. Estas rutas representan el camino más eficiente desde un enfoque que podemos considerar como «energético». Estos cálculos se han realizado para tres tipos de formaciones geológicas: formaciones con sílex como material principal, grandes formaciones con niveles de sílex y formaciones con cuarcitas. Para probar esta metodología se ha seleccionado, como ámbito de trabajo espacial la Cordillera Cantábrica, y temporal el Paleolítico superior.

Finalmente, queremos destacar la importancia que pueden tener la metodología utilizada en este trabajo para los estudios geoarqueológicos. Los resultados obtenidos permitirán a otros investigadores ver qué yacimientos se pueden asociar conáreas-fuente determinadas, de forma que, a la hora de realizar investigaciones más precisas (geoquímicas, petrográficas, ...). Si, por ejemplo, incluimos estas técnicas en la metodología propuesta por Malyk-Selivanova *et al*. (1998) y Tarriño (2001) (fig. 3), al principio de esta, nada más efectuar la «Catalogación de Afloramientos», se podrán seleccionar aquellos afloramientos geológicos que tengan mayor probabilidad de haber sido utilizados como aprovisionamiento de materias primas, reduciendo tiempo y esfuerzos en las fases de muestreo y análisis.

Pensamos que esta metodología puede utilizarse también para esbozar rutas para la obtención de otras materias primas como, por ejemplo, aquellas necesarias para crear pigmentos minerales (hematites, limolita, yeso...) para elaborar las pinturas con las que decoraban las cuevas y abrigos.

BIBLIOGRAFÍA

Aramburu, C., 1995, «El Precámbrico y el Paleozoico inferior», en: C. Aramburu & F. Bastida (eds.), *Geología de Asturias*. Ed. Trea, 35-50.

Barnolas, A. & V. Pujalte, 2004, «Introducción a la Cordillera Pirenaica: Definición, límites y división», en: J.A. Vera (ed.), *Geología de España*. *Soc. Geol. de Esp. - Inst. Geol. y Min. de España*: 233-241. Madrid.

Bastida, F. & J. Aller, 1995, «Rasgos Geológicos Generales», en: C. Aramburu & F. Bastida (eds.), *Geología de Asturias*. Ed. Trea, 27-33.

Bustillo, M.ª A., J.L. Pérez-Jiménez & M. Bustillo, 2012, «Caracterización geoquímica de rocas sedimentarias formadas por silicificación como fuente de suministro de utensilios líticos (Mioceno, cuenca de Madrid)». *Rev. Mexicana de Ciencias Geológicas*, 29 (1), 233-247.

Capote, R., J.A. Muñoz, J.L. Simón, C.L. Liesa & L.E. Arlegui, 2002, «Alpine Tectonics I: The Alpine system north of the Betic Cordillera», en W. Gibbons, T. Moreno (ed.), *Geology of Spain*. *Geological Society of London*, 385-397. London.

Duarte Matías, E., D. Santamaría Álvarez, E. Forcelledo Arena, A. Tarriño Vinagre, & M. de la Rasilla Vives, 2016, «El Sílex como recurso mineral en la Prehistoria de Asturias». *CPAG*, 26, 157-190.

Eixea Vilanova, A., 2015, *Caracterización tecnológica y uso del espacio en los yacimientos del Paleolítico medio de la región central del Mediterráneo ibérico*. Valencia: Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.

Fairén Jiménez, S. 2004, «¿Se hace camino al andar? Influencia de las variables medioambientales y culturales en el cálculo de caminos óptimos mediante SIG». *Trabajos de Prehistoria* 61 (2), 25-40.

Fernandes, P., J.P. Raynal, P. Tallet, C. Tuffery, M. Piboule, M. Séronie-Vivien, M-R. Séronie-Vivien, A. Turq, A. Morala, J. Affolter, D. Millet, F. Millet, F. Bazile, P. Schmidt, P. Foucher, V. Delvigne, J. Liagre, S. Gaillot, A. Morin, M-H. Moncel, J.F. Garnier & C. Léandri-Bressy, 2013, «A map and a database for flint-bearing formations in Southern France: A tool for Petroarchaeology». *Paleo*, 24, 219-228.

Fernández, L.P., 1995, «El Carbonífero», en: C. Aramburu & F. Bastida (eds.), *Geología de Asturias*. Ed. Trea, 63-80.

García-Ramos, J.C. & M. Gutiérrez Claverol, 1995, «La Cobertura Mesozoico-Terciaria», en: C. Aramburu & F. Bastida (eds.), *Geología de Asturias*. Ed. Trea, 81-94.

García-Rojas, M., A. Prieto, A. Sánchez, C. Camarero & L. Zapata, 2017, «The Application of GIS to flint management studies during the Pleistocene to Holocene transition: the case of Baltzola (Dima, Bizkaia, Spain)», en: V. Mayoral-Herrera, C. Parcero-Oubiña, P. Fábrega-Álvarez, (eds.), *Archaeology ang Geomatics. Harvesting the Benefits of 10 years of training in the Iberian Peninsula (2006-2015)*, Leiden: Sidestone Press, I, 1-21.

Geneste, J-M., 1985, *Analyse lithique d'industries moustériennes du Périgord: une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique mayen*. Bordeaux: ill. Thèse N.D, Université de Bordeaux I, 572.

Geneste, J-M., 1991, «L'Approvisionnement en matières premières dans les systèmes de production lithique: la dimension spatiale de la technologie», *Treballs d'Arqueologia*, I, 1-21.

Julivert, M., 1967, «La ventana del Río Monasterio y la terminación meridional del Manto del Ponga», *Trabajos de Geología*, 1: 59-76.

Julivert, M., J.M. Fontobé, A. Ribeiro & L. Conde, 1972, *Mapa tectónico de la Península Ibérica y Baleares*. Inst. Geol. y Min. de España, 113, Madrid.

Julivert, M. & Navarro, D., 1984, *Memoria de la Hoja n.º 55 (Beleño). Mapa Geológico de España 1:50.000 (MAGNA)*. 2.ª Serie, 1.ª Edición, Inst. Geol. y Min. de España, 47, Madrid.

Malyk-Selivanova, N., G.M. Ashley, R. Gal, M.D. Glaacock & H. Neff, 1998, «Geological-Geochemical approach to «sourcing» of prehistoric chert artifacts, Northwestern Alaska». *Geoarchaeology*, 13, 673-708.

Martínez-García, E., 1981, *Memoria de la Hoja n.º 32 (Llanes). Mapa Geológico de España 1:50.000 (MAGNA)*, 2.ª Serie, 1.ª Edición, Inst. Geol. y Min. de España, 40, Madrid.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 114 14/12/23 08:07:47

Martínez-García, E., I. Corrales & J. Carballeira, 1971, «El flysch carbonífero de Pendueles (Asturias)». *Trabajos de Geología*, 3 (3), 277-285.

Menéndez Fernández, M., A. Jimeno Martínez & V.M. Fernández Martínez, 1997, *Diccionario de Prehistoria*, Alianza Universidad.

Merino-Tomé, O., A. Suárez-Rodríguez & J.L. Alonso Alonso, 2015, Mapa Geológico Digital continuo E. 1:50.000. Zona Cantábrica (Zona-1000), en GEODE, Mapa Geológico Digital continuo de España (fecha consulta abril 2021).

Prieto, A., I. Yusta, M. García-Rojas, A. Arrizabalaga, J. Baena Preysler, 2021, «Quartzite procurement in conglomerates and deposits: Geoarchaeological characterization of potential catchment areas in the central part of the Cantabrian Region, Spain». *Geoarchaeology*, 36 (3), 490-510.

Ramírez, J.I., A. Olivé, M.J. Aguilar, J. Ramírez, A. Meléndez, J. Pujalte, J. García-Mondéjar, R. Sánchez Carretero & M. Gutiérrez Elorza, 1986, *Memoria de la Hoja n.º 89 (Tolosa). Mapa Geológico de España 1:50.000 (MAGNA)*, 2.ª Serie, 1.ª Edición, Inst. Geol. y Min. de España, 47, Madrid.

Robador Moreno, A., J.M. Samsó Escolá, J. Ramajo Cordeor, A. Barnolas Cortinas, O. Clariana García, S. Martín-Alfageme, & I. Gil Peña, 2015, Mapa Geológico Digital continuo E. 1:50.000. Zona Pirineos Vasco-Cantábrica (Zona-1600). en GEODE, Mapa Geológico Digital continuo de España (fecha consulta abril 2021).

Salvador, C.I., 1991, «La Caliza de Peña Redonda (Westfaliense A-B): Evolución tecto-sedimentaria (Cuenca Carbonífera Central asturiana)». *Geogaceta*, 9, 53-56.

Santos Preciado, J. M., 2009, *Sistemas de información geográfica*. Pinto. UNED. Serie: Unidades Didácticas, 460.

Santos Preciado, J. M., & D. Cocero Matesanz, (2006). *Los SIG Raster: Herramienta de análisis medioambiental y territorial. Ejercicios prácticos con Idrisi y MiraMon*. UNED, 430.

Tarriño Vinagre, A., 2001, *El Sílex en la Cuenca Vasco-Cantábrica y Pirineo Navarro: Caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria*. Leioa: Tesis Doctoral, Universidad del País Vasco.

Tarriño Vinagre, A., 2006, «El Sílex en la Cuenca Vasco-Cantábrica y Pirineo Navarro: Caracterización y su aprovechamiento en la Prehistoria», *Monografías del Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira,* 21, 254.

Tarriño Vinagre, A., E. Duarte, D. Santamaría, L. Martínez, J. Fernández de la Vega, P. Suárez, V. Rodríguez, E. Forcelledo & M. de la Rasilla, 2013, «El Sílex de Piloña. Caracterización de una nueva fuente de materia prima lítica en la Prehistoria de Asturias», en: F. Javier Fortea Pérez, Universitatis Ovetensis Magister. Estudios en homenaje M. de la Rasilla Vives (coord.). Oviedo, Ménsula Eds., 115-132.

Vera, J.A., E. Ancochea, A. Barnolas, F. Bea, J.P. Calvo, J. Civis, G. De Vicente, J. Fernández-Gianotti, A. García-Cortés, A. Pérez-Estaún, V. Pujalte, L.R. Rodríguez-Fernández, A. Sopeña & R. Tejero, 2004, «Introducción», en

J.A. Vera (ed.), *Geología de España*. Madrid. Soc. Geol. de Esp. - Inst. Geol. y Min. de España. 233-241.

Zeiler, M., 1999, *Modelling our World. The ESRI Guide to Geodatabase Design*. Redlands. Esri Press.

WEBGRAFÍA

https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/analyze/commonly-used-tools/proximity-analysis.htm. Consulta abril de 2021.

Veleia Minor 41-Materias primas líticas.indd 116 14/12/23 08:07:47