

# UNA PROPUESTA DE ANÁLISIS MULTICRITERIO EN EL ESTUDIO DEL APROVISIONAMIENTO DE RECURSOS LÍTICOS

Joaquim Parcerisas Civit

## Resumen

Se lleva a cabo una revisión crítica de los distintos modelos de cartografía más empleados en la representación de las áreas de captación de recursos líticos. A su vez se propone un modelo en el que la distribución natural de los recursos líticos no determina el desarrollo de áreas de captación ni, por consiguiente, el establecimiento de áreas de actividad social. La ubicación espacial de estas actividades viene definida por una serie de variables de tipo cualitativo que sólo es posible representar a partir de mapas temáticos elaborados con un Sistema de Información Geográfica. Para llegar a este resultado será necesario definir una serie de indicadores y tratar los datos con un análisis multicriterio.

---

La determinación de las fuentes de aprovisionamiento de materia prima para la elaboración de artefactos constituye el primer episodio en el estudio de la cadena operativa lítica (Geneste, 1985). De este modo, la caracterización petrográfica de los útiles y la localización de sus áreas fuente contribuye a analizar la conducta de los grupos humanos desde tres perspectivas distintas: a) conducta espacial, en la que se buscan los patrones de movilidad de poblaciones e intercambio de productos en un territorio, b) conducta tecnológica, aquella que establece la adecuación entre los procesos técnicos de manufactura y la materia prima seleccionada y c) capacidad cognitiva, apuntada por el desarrollo de estrategias en la adquisición y selección de los recursos líticos.

Es el primero de estos puntos el que nos ocupa en este momento, y en especial el análisis de su expresión gráfica, los mapas de recursos, pues ellos se convierten a su vez en documentos de trabajo en cuya confección debe recogerse información verídica<sup>1</sup> y detallada. Los mapas sintetizan gráficamente los resultados obtenidos y facilitan su transmisión, por lo que suelen ser el apartado más consultado y reproducido en los trabajos de materias primas. Así, salvo contradicción interna, el mapa contiene la misma carga conceptual que el texto, con el inconveniente que no puede matizarse con la misma facilidad que las palabras. El gráfico, como recurso semiótico, puede resultar contraproducente si el modelo de representación elegido es inadecuado. Por el contrario, los beneficios que proporciona un correcto uso instrumental de la cartografía, más allá del de la mera ilustración, son evidentes.

A pesar de ello, hasta el momento no ha existido una preocupación explícita por desarrollar nuevas fórmulas que consigan una mejor representación de los contenidos a través de la forma. Para este propósito, la cartografía tradicional se muestra claramente limitada en sus recursos mientras que la mayor parte de las experiencias que se han hecho con Sistemas de Información Geográfica (SIG) hasta el presente han sido poco

---

<sup>1</sup> Una información verídica es la que puede ser confirmada a la luz de la evidencia observacional. De ahí la necesidad que cumpla con la condición adicional de ser detallada, puesto que una cartografía ambigua en su planteamiento obstaculiza su contrastación y, por consiguiente, su validación.

más que meras demostraciones de su capacidad para gestionar grandes bases de datos locacionales y atributos. En ambos casos la interpretación del mapa generado se lleva a cabo mediante inspección directa, por lo que permanece bajo la misma concepción subjetivizada y particularista de la arqueografía tradicional (Pallarés, 1999).

A nuestro entender, la cartografía debe ser un instrumento de trabajo que contribuya al procesamiento de los datos, permita la ordenación de los múltiples criterios que intervienen en el análisis y cree mapas temáticos. Esto sólo será posible partiendo de una idea del diseño en la que se dé tanto relieve a la concepción teórica que soporta el estudio como a la naturaleza de los datos manejados. En este proyecto contemplamos un análisis multicriterio previo para dar cabida a la diversidad de entidades temáticas que participan en la cartografía de recursos líticos, con el propósito de definir un modelo de estudio y, a continuación, generar una representación gráfica basada en el método de las superficies difusas (fuzzy surface) (Lowell, Gold 1995) acorde a dicho modelo teórico.

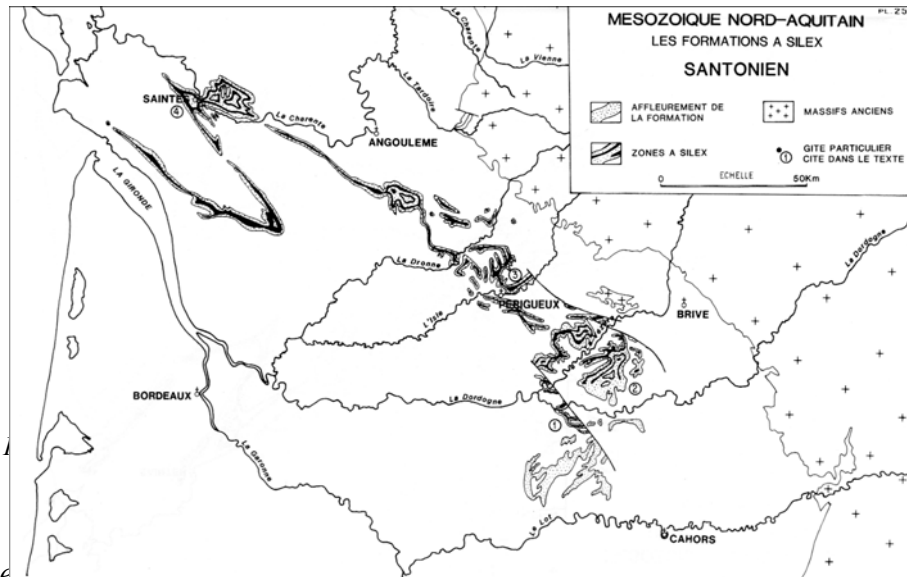
### **Modelos basados en cartografía tradicional**

Un mapa “tradicional” es una representación gráfica en la que quedan recogidos datos locacionales y temáticos. Su elaboración se basa en dos principios constantes: las áreas representadas se encuentran delimitadas por la escala de la representación y las medidas del soporte escogido; y sus variables fundamentales están relacionadas topológicamente de forma no modificable. Dicho de otro modo, es una representación inexacta de la realidad donde: a) el espacio es fragmentado arbitrariamente para su representación (dominio cartográfico), b) la precisión del mapa es producto de su resolución y ésta a su vez del tamaño del soporte y de la escala escogida. La exactitud, por tanto, suele ser un componente secundario en la mayor parte de la producción cartográfica, en la que prima la obtención de una visión global del espacio, c) la representación mediante fronteras fijas de algunas entidades geográficas no se corresponde con su verdadera naturaleza modificable. El trazado de espacios cerrados y perfectamente definidos es, pues, trasladar al papel unos presupuestos arbitrarios y artificiales. La modificación de las fronteras puede producir cambios con importante repercusión sobre los valores de las variables sin que realmente se haya producido un cambio significativo en el valor de la entidad, d) todo ello dificulta la informatización de variables y dimensiones geométricas.

Un repaso bibliográfico a los distintos modelos cartográficos empleados para la representación de los afloramientos líticos nos ha llevado a distinguir varios grupos:

- *Representación continua de formaciones litológicas en posición primaria.* El principal objetivo de este tipo de cartografía es la descripción y análisis litoestratigráfico de las formaciones geológicas que contienen rocas útiles para la talla (esencialmente sílex). A partir de la dispersión de afloramientos actuales, se procede a extrapolar la extensión geográfica total de dicha facies y se infiere la propiedad de contener sílex a partir de un cierto número de secciones en las que se ha podido constatar su existencia. La cartografía debe ser a una escala adecuada (1:20.000; 1:10.000; o superior) en la que se pueda apreciar las características del afloramiento y extensión probable. Cuando la representación incluya un dominio más amplio, bastará con delimitar la extensión de la formación geológica. Los inconvenientes de este tipo de cartografía son esencialmente resultado de su propia metodología de confección. Si bien puede considerarse la más adecuada bajo una perspectiva geológica, tenemos motivos para dudar de su utilidad en la representación de áreas aptas para el consumo de materia lítica por parte de los

grupos pleistocenos. Acotar espacialmente las formaciones con recursos líticos no aporta información sobre aspectos como su accesibilidad, disponibilidad o explotabilidad. En última instancia, al representar únicamente las formaciones en posición primaria se incurre en un sesgo importante.



- Representación espacial de afloramientos. Se representa mediante un mapa de puntos las localizaciones en las que se conoce la presencia de recursos líticos. En este sentido, sólo es posible su ubicación si existe una intensa prospección de campo. El resultado es una espectacular nube de puntos muy atractiva visualmente aunque no exenta de problemas, entre los que destacan: a) la imposibilidad de distinguir a través de la representación entre afloramientos en formaciones *in situ* o en formaciones derivadas; b) dificultad para individualizar yacimientos en zonas donde los recursos se representan de forma casi continua; c) la imprecisión en la ubicación de los afloramientos, agravada en función a la escala de la representación y al tamaño del símbolo escogido (resolución); d) diacronismo en la representación de afloramientos expuestos por causas diversas.

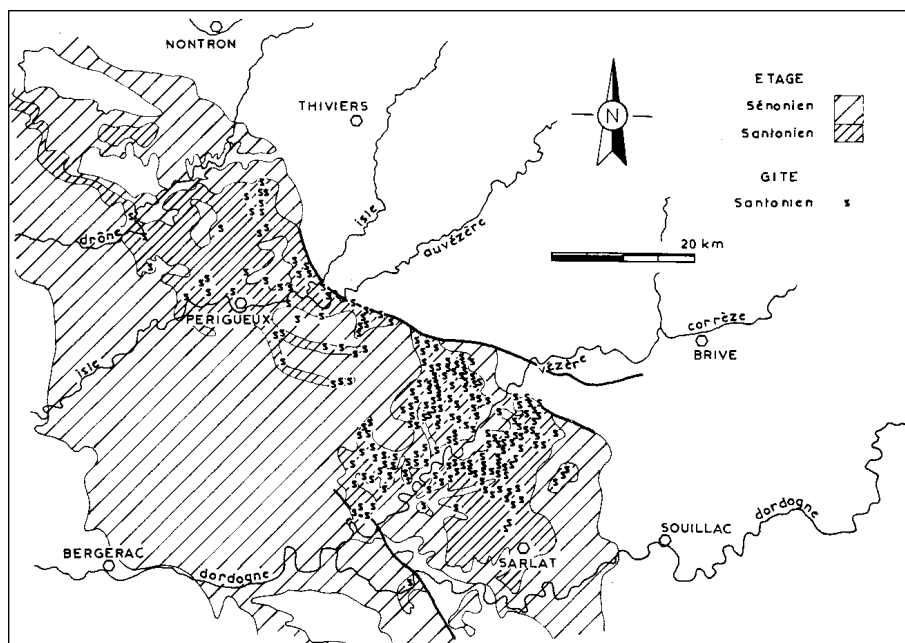


Fig. 2.- Representación discreta de afloramientos en posición primaria, extraído de Démars (1982)

- *Representación continua de zonas de afloramiento potencial.* En esencia se trata de una variación sobre el tipo anterior en la que se introduce la noción de cambio temporal. Así, las zonas de afloramiento potenciales son aquellas en las que a pesar de hallarse ausente en la actualidad la formación, existen suficientes evidencias (zonas relictas de pequeña extensión no representadas en la cartografía comercial) de haberse extendido hasta esos límites. La erosión intracuaternaria de estas formaciones habría hecho desaparecer en muchos casos la mayor parte de la formación, aunque en pequeños reductos pueda conservarse. Debido a la dureza de rocas como el sílex, es probable que resistan mejor a dicha erosión. Este concepto también es aplicable para afloramientos en posición secundaria, donde la potencialidad de presencia o no de los recursos viene dada por los materiales en posición primaria que haya podido arrastrar el curso fluvial. La aportación que supone este tipo de representación es, a nuestro entender, un avance muy significativo hacia el tipo de cartografía que estimamos la adecuada. Al considerar elementos referentes a la evolución geomorfológica del paisaje y a la destrucción de afloramientos potenciales, se introduce en el razonamiento la consciencia de la mutabilidad del medio físico. Sin embargo, al representarse de forma homogénea toda la zona considerada “potencial” se tiende a un generalismo que devalúa la información resultante. Es evidente que no todas las zonas tienen el mismo grado de potencialidad y que ésta disminuye en relación a la distancia que las separa de las zonas actualmente conservadas.

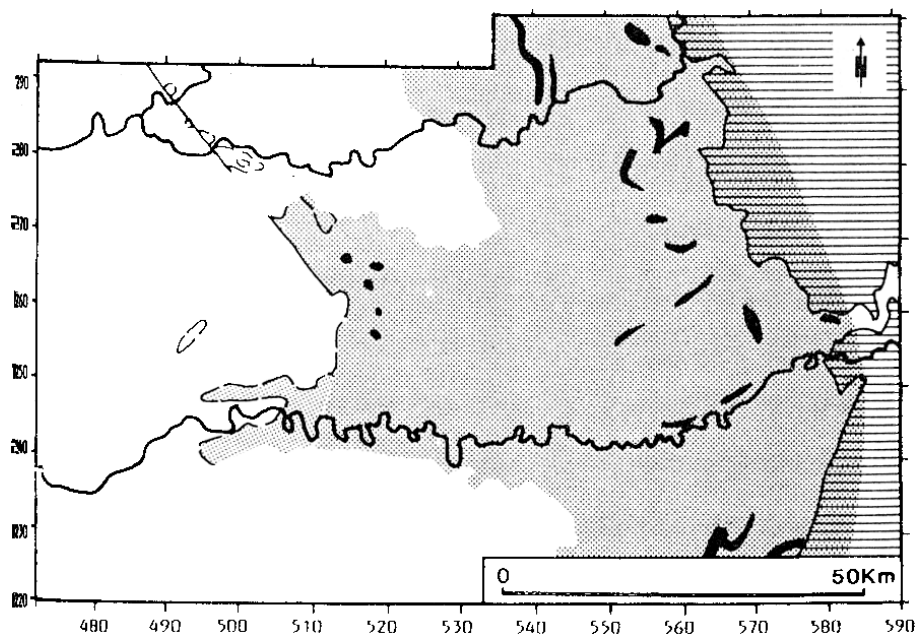


Fig. 3.- Representación continua de zonas de afloramiento potencial, extraído de Turq (1992)

- *Representación discreta de afloramientos en posición secundaria.* El énfasis de este tipo de cartografía se centra en la representación de los depósitos secundarios en los que se concentran cantidades considerables de rocas silíceas. Este método permite señalar la ubicación de recursos líticos directamente explotables por las comunidades prehistóricas, al tratarse de recursos de extracción más sencilla que los presentes en su formación origen. Sin embargo, comparte con las demás cartografías la escasa precisión en la ubicación espacial de los recursos. En algunos casos extremos, cuando la extensión del depósito cubre una zona considerable, como en el caso de las terrazas fluviales, se simboliza la presencia de rocas aptas para la talla a través de la repartición de una nube de puntos que recubre toda la extensión. En este ejemplo, ni el número de puntos representados ni su ubicación espacial se corresponde con la auténtica distribución real de los recursos líticos.

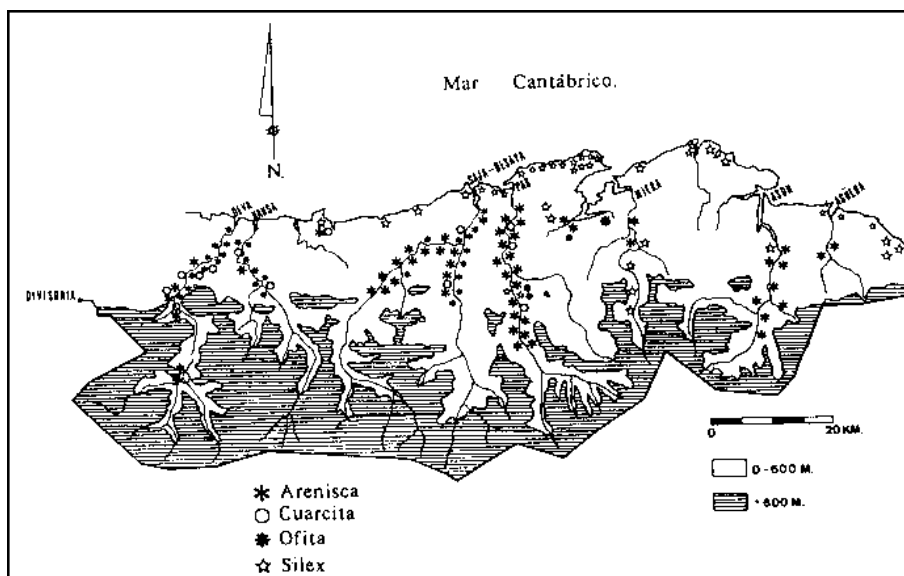
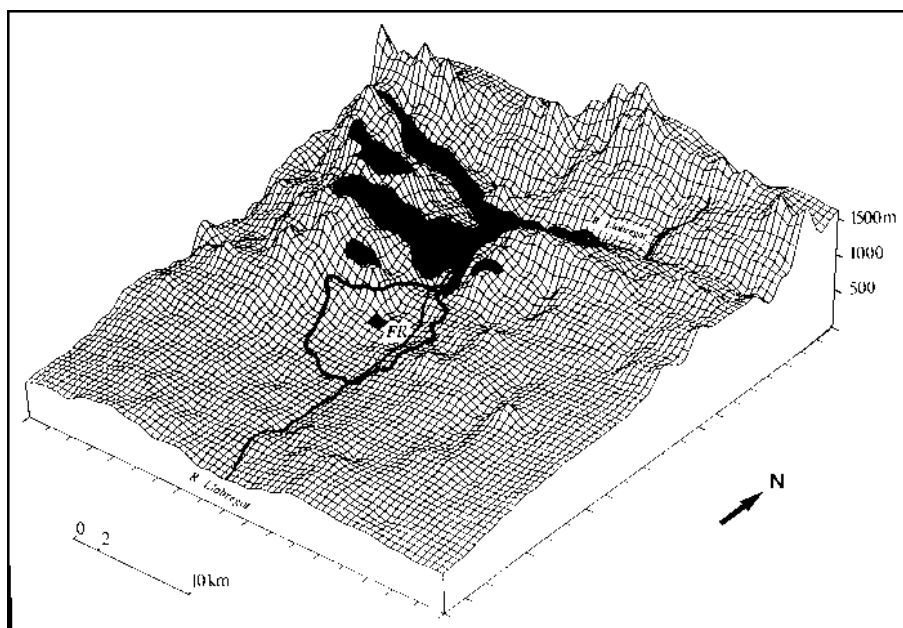


Fig. 4.- Representación discreta de afloramientos en posición secundaria, extraído de Montes y Sanguino (1998)

- *Representación continua de afloramientos sobre MDE.* La representación de los afloramientos tanto en posición primaria como en posición secundaria, se realiza mediante la delimitación de las áreas que ocupa. Además, la introducción de información referente a la topografía del territorio permite representar de forma mucho más realista las condiciones de accesibilidad a los afloramientos, reforzada por el trazado de los límites de la superficie que puede recorrerse en una hora de marcha. Propiamente, este tipo de representación no puede considerarse como representativa de los modelos de uso tradicional, pues incorpora elementos propios de un SIG. Sin embargo, creemos que a pesar del impacto visual que produce, la información que aporta no es significativamente distinta a los tipos anteriores.



*Fig. 5.- Representación continua de afloramientos sobre MDE, extraído de Terradas (1995)*

### **Análisis multiretiro y cartografía difusa.**

Llevar a un mapa la dispersión de afloramientos de una o varias litologías no es lo mismo que representar las fuentes de aprovisionamiento de materia prima. Mientras los primeros son accidentes geológicos, las segundas forman parte de una área de actividad social y como tal sólo pueden ser reconocidas mediante la constatación de su apropiación. Para poder establecer esta correspondencia deben darse una serie de condiciones: a) contrastar los materiales arqueológicos con las muestras procedentes del afloramiento en estudio mediante la metodología analítica apropiada en cada caso, para establecer con la mayor seguridad posible su grado de similitud; b) asentar mediante un programa de dataciones o sobre la base de criterios geomorfológicos la sincronización entre el afloramiento y la ocupación humana; c) constatar que la explotación de dichos afloramientos se encuentra al alcance de la disponibilidad tecnológica (extractiva, de transformación y obtención de beneficio) del grupo humano.

Por otra parte debe tenerse en cuenta en qué grado los cambios de tipo paleoecológico y de impacto antrópico han podido alterar la distribución y disponibilidad de los recursos líticos. En algunos trabajos se ha considerado de forma específica la importancia de las variaciones climáticas (Morala, Turq, 1989) o de la evolución geomorfológica del territorio (Turq, 1992) a fin de acotar el área probable de aprovisionamiento. Lo cierto es que a pesar de estos esfuerzos de tipo puntual, se trabaja casi siempre sobre mapas topográficos y fisiográficos que se corresponden al paisaje actual.

Frente a los modelos cartográficos que acabamos de ver, los SIG permiten elaborar mapas indicando todas aquellas observaciones de carácter paleoambiental (estudios geomorfológicos, litológicos y estructurales) y que hagan del resultado lo más parecido posible a un "paleopaisaje". Para ello se necesita que los mapas temáticos que se generen sean el resultado de la aplicación de indicadores estadísticos de significación, y no de categorías arbitrarias.

En consecuencia hemos definido cuatro indicadores elementales con los que desarrollar un análisis multicriterio a fin de obtener un valor que servirá posteriormente para la elaboración de mapas de superficie difusa. Estos indicadores son: “potencial”, “empleado”, “accesible” y “adecuado” y su aplicación nos define a su vez cuatro categorías temáticas: “base de recursos”, “recursos”, “reserva lítica” y “dotación lítica”.

|  |            |                                |                               |
|--|------------|--------------------------------|-------------------------------|
| Base de recursos litológica<br>(potencial) |            |                                |                               |
| Recursos<br>(empleado)                     |            |                                | Litologías<br>no<br>empleadas |
| Reserva lítica<br>(accesible)              |            | Inaccesible y/o<br>desconocido |                               |
| Dotación<br>lítica<br>(adecuado)           | Inadecuado |                                |                               |

Fig. 6.- Esquema de categorización de la oferta lítica

La definición de estas categorías se inspira en el modelo cuantitativo de estimación empleado por el Grupo de Trabajo sobre Rocas y Minerales del Ministerio de Industria y Energía dentro del programa “Cuentas del Patrimonio Natural” (Ortiz, 1993). Sobre este fundamento consideramos *base de recursos (BR)* al total de rocas potencialmente explotables por una comunidad humana y que se encuentran en la superficie de la corteza terrestre o a una profundidad asequible. No obstante, esta categoría es demasiado amplia para resultar útil en el análisis de las fuentes de aprovisionamiento, por lo que a efectos prácticos se subdivide en *bases de recursos por litologías (BRL)* que son el resultado de la suma de toda la cantidad disponible de una litología en concreto independientemente de su ámbito geológico, características de tamaño, morfología encajante o calidad de talla, en cada uno de los afloramientos conocidos y por conocer.

De entre BRL, aquella porción de materia prima lítica identificada entre los materiales arqueológicos estudiados, define el dominio de los *recursos (RS)*. Con las evidencias de la materia empleada en la manufactura de utillaje se puede definir a RS desde sus características de obtención y transformación, acordes con los medios tecnológicos mineros disponibles.

Es evidente que RS sólo existen en función a una cierta demanda lítica y de la disponibilidad de la tecnología de recuperación y producción adecuada. Por ello, si se acepta este razonamiento, deberá tenerse en cuenta dos factores adicionales: a) los recursos líticos varían con el tiempo en virtud de las condiciones de coste (extracción, transporte y transformación) y de la disponibilidad de la tecnología apropiada; b) una parte de los recursos permanece siempre desconocida, tanto para los grupos prehistóricos que nunca accedieron a su explotación como para nosotros a causa de las limitaciones que impone la evolución del paisaje, el impacto antrópico y las técnicas de identificación de las mismas fuentes de aprovisionamiento.



Así pues, la cantidad total de recursos deberá repartirse entre los desconocidos y los conocidos y accesibles, a los que llamaremos *reserva lítica* (RL)

Finalmente, cada una de las minas y canteras existentes en un territorio presenta un número  $n$  de propiedades físicas que las definen: posición primaria o secundaria, roca encajante, morfología, calidad, etc. Suponiendo la selección de unas características concretas ( $m, n, o$ ) dentro de los yacimientos de materias primas comprendidos en RL, se obtiene un grupo de afloramientos que cumplen tales requisitos. La suma de sus contenidos lo identificamos como *dotación lítica* (DL). La DL es un parámetro físico y no depende de las condiciones económicas o tecnológicas como en el caso de RS. Son, en última instancia, estos requisitos los que determinan la explotación de los recursos.

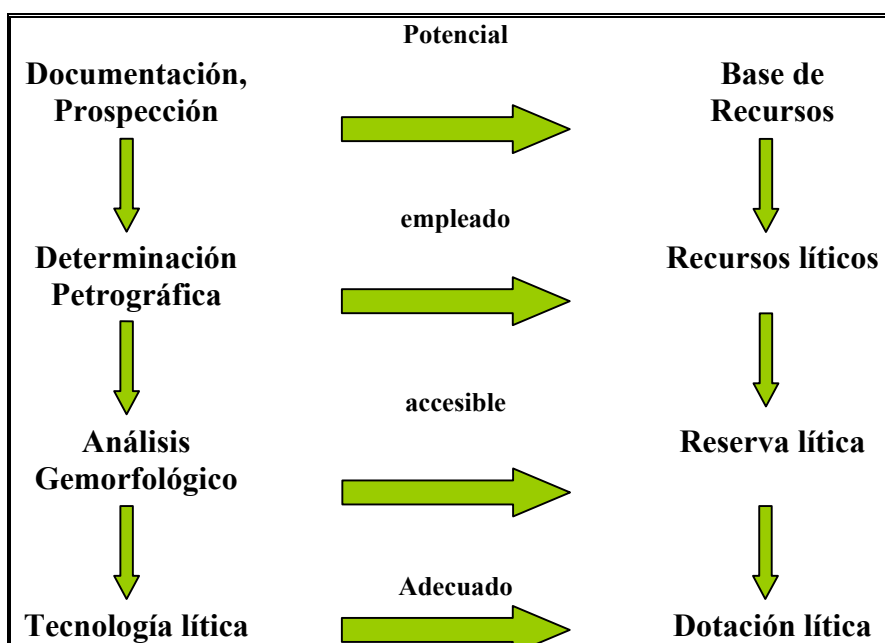
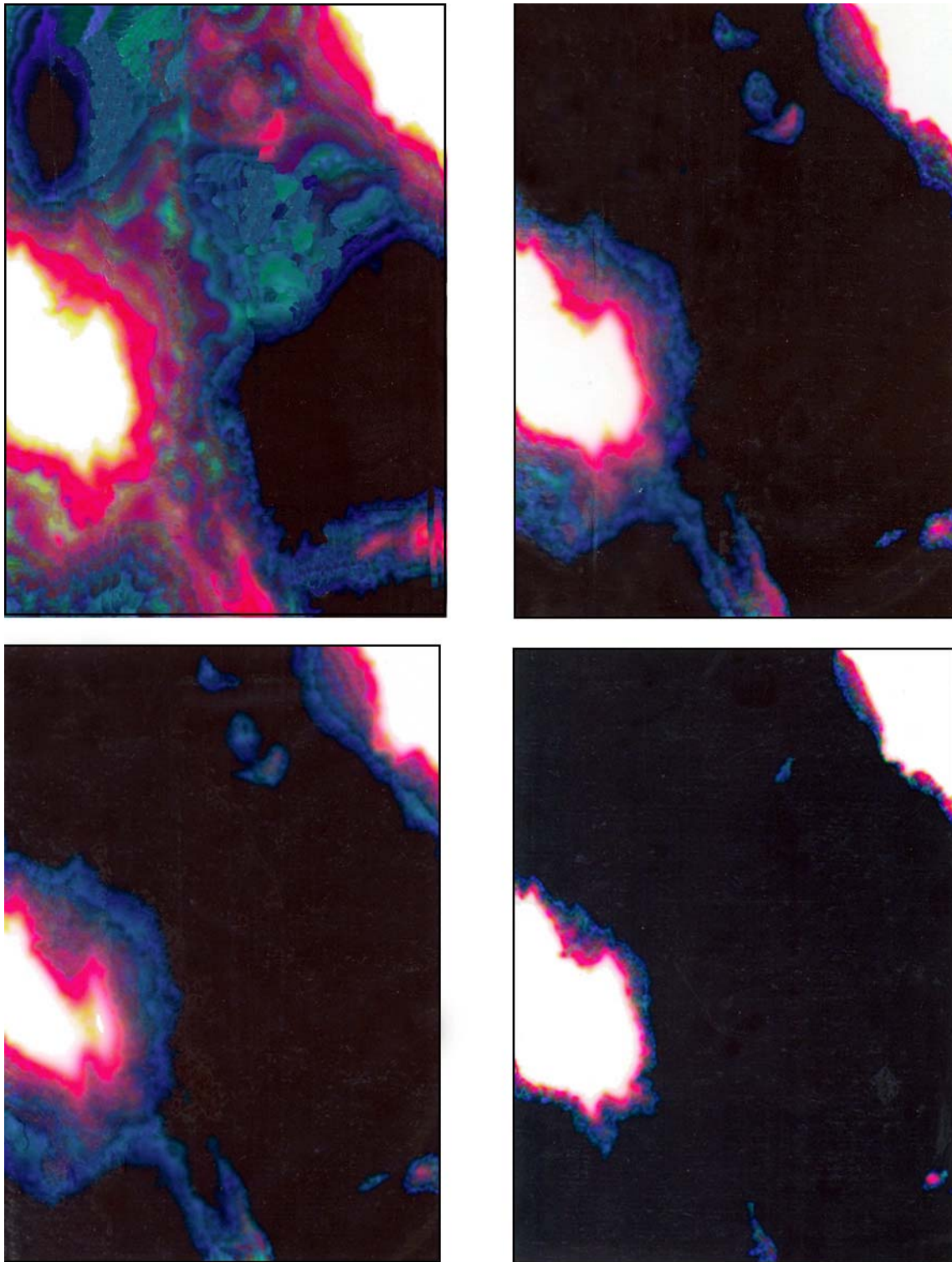


Fig. 7.- Investigación y categorías de análisis.

Junto a los indicadores citados hemos incorporado al análisis una serie de subindicadores tales como la profundidad a la que se encuentra el afloramiento, la distancia entre éste y el yacimiento, la antecedencia del afloramiento respecto a su supuesta explotación, así como la morfología, cantidad y calidad de los recursos obtenidos. A cada uno de estos criterios y subcriterios se les ha asignado un peso ponderado con el que se han generados sendas matrices de evaluación y de trabajo a partir de las cuales se ha obtenido un valor entre  $-0-$  y  $-1-$  representativo de la plausibilidad de pertenencia de un punto cualquiera en el espacio al área de aprovisionamiento de recursos líticos.



*Fig. 8.- Representación temática mediante superficies difusas de un mismo dominio. De izquierda a derecha y de abajo a arriba: a) Base de recursos de una litología específica (silex), b) Recursos, c) Reserva lítica, d) Dotación lítica*

El último paso consiste en incorporar el valor obtenido en el análisis multicriterio a la tabla de atributos utilizada para la elaboración de la cartografía temática. De este modo se procede a elaborar mapas de distribución tanto de las poblaciones que conforman la base de recursos por litologías, la de recursos, la reserva y la dotación lítica. El resultado es una serie de mapas de superficies difusas de aspecto continuo, en los cuales cada punto expresa su propia plausibilidad de pertenecer al conjunto representado.

Se ha optado por una representación basada en la teoría de los conjuntos difusos (fuzzy set theory) la cual establece el grado en el que un elemento de un conjunto participa en un suceso, no si formar parte de él, puesto que se considera que todos los elementos son parte de la entidad estudiada (Barceló, 1996). Lo que pretendemos representar en nuestro mapa es el conjunto de afloramientos, todos ellos fuentes de aprovisionamiento en potencia, categorizados de forma en que pueda apreciarse cuáles de ellos son, según los criterios que hemos previamente establecido, los que reúnen un mayor peso para ser aceptadas como fuentes de aprovisionamiento en función a la credibilidad que despierta dicha hipótesis. Se trata pues de seguir un proceso de decisión heurístico con el que pretendemos encontrar la mejor de las alternativas –es decir, la más plausible– dentro de un conjunto inmenso de posibilidades,

En conclusión, nuestra propuesta consiste en un proceso de aproximación que parte de la realidad geológica y la distribución de afloramientos observables para llegar hasta aquellos susceptibles de haber sido explotados y, por consiguiente, convertirse así en fuentes de aprovisionamiento de materia prima. Este camino se recorre en cuatro etapas (base de recursos, recursos, reserva lítica y dotación lítica) en cada una de las cuales se incorporan los datos procedentes de la prospección de campo, de la evolución del paisaje, de las modificaciones del clima, de la tecnología y de cuantos aspectos puedan ser relevantes. El análisis multicriterio contribuye a otorgar pesos a cada una de las variables y la elaboración de mapas de superficie difusa permite representar realidades complejas de forma sintética. El resultado de todo ello es una potente herramienta de ayuda a la investigación que permite la gestión integral de todos aquellos estudios que aporten información relevante para el estudio de las fuentes de aprovisionamiento de materias primas.

## **Bibliografía.**

- Barceló, J.A. (1996): “Heuristic classification and fuzzy sets. New tools for archaeological typologies”. *Analecta praehistorica Leidensia*, 28, pp. 155-164
- Demars, P.Y. (1982): L’utilisation du silex au Paléolithique supérieur: choix, approvisionnement, circulation. Ediciones del CNRS. París.
- Geneste, J.M. (1985): Analyse lithique d’industries mousteriennes du Périgord: une approche technologique du comportement des groupes humains au Paléolithique moyen. *Tesis Doctoral*. Université du Bordeaux I. Burdeos, 1985
- Lowell, K.; Gold, Ch. (1995): “Using a fuzzy surface-based cartographic representation to decrease digitising efforts for natural phenomena”. *Cartography and Geographic Information Systems*. Vol 22, nº 3, pp. 222-231
- Montes, R; Sanguino, J. (1998): “Diferencias en las estrategias de adquisición de recursos líticos entre el Paleolítico inferior y medio en el centro de la región cantábrica: implicaciones económicas y territoriales”, en J. Bernabeu, T. Orozco y X, Terradas (ed): Los recursos abióticos en la prehistoria. Caracterización, aprovisionamiento e intercambio. Ediciones de la U.V, València 1998

- Morala, A.; Turq, A. (1987): “Les estrétypes d’exploitation du milieu minéral, du Riss a l’Holocène, en Haut-Agenais (Sud-Ouest de la France) ”, en M.R. Séronie-Vivien y M. Lenoir (dir): Le Silex, de sa genèse à l’outil. Cahiers du Quaternaire, 17, Editions du C.N.R.S. pp 405-415.
- Pallarés, M. (1999): Teoria i mètode sobre l’anàlisi espacial en arqueologia: la gestió de l’espai social a l’interior de l’assentament de la Font del Ros (Berga, Barcelona). *Tesis Doctoral*. U.A.B. Barcelona, 1999.
- Ortiz, A. (1993): “Recursos no renovables (reservas, extracción, sustitución y recuperación de materiales”, en J.M. Naredo y F. Parra (ed). *Hacia una ciencia de los recursos naturales*. Ediciones Siglo Veintiuno de España, Madrid, pp. 121-174
- Séronie-Vivien, M. ; Séronie-Vivien, M.R. (1987) : Le silex du Mésozoïque nord-aquitain. Approche géologique a l’étude des silex pour servir à la recherche préhistorique. *Bulletin de la Société Linnéenne de Bordeaux, supplément au tome XV*. Burdeos.
- Terradas, X. (1995) : Las estrategias de gestión de los recursos líticos del Prepirineo catalán en el IX milenio B.P. El asentamiento prehistórico de la Font del Ros (Berga, Barcelona). *Treballs d’Arqueologia*, 3. Ediciones de la UAB.
- Turq, A. (1992): Le Paléolithique inférieur et moyen entre les vallées de la Dordogne et du Lot. *Tesis Doctoral*. Université de Bordeaux I. Burdeos, 1992.