

LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO A PARTIR DE ESTUDIOS REGIONALES. APLICACIÓN AL MACIZO DE COTIELLA (HUESCA)

GEOHERITAGE INVENTORIES FROM REGIONAL STUDIES. AN APLICATION IN THE COTIELLA MASSIF (HUESCA)

Ánchel Belmonte^{1,2}, Carlos Sancho¹, Luis Carcavilla³

¹ Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza. anchelbr@unizar.es, csancho@unizar.es

² Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. Avda. Ordesa 79, 22340 Boltaña (Huesca)

³ Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23, 28003. l.carcavilla@igme.es

Resumen: Los estudios de carácter regional generan un detallado conocimiento sobre una parte de la geología de un territorio determinado. Esa información resulta de gran utilidad para la elaboración de inventarios de patrimonio geológico de tipo sistemático-temático, contribuyendo además a la reducción de la subjetividad. La metodología del IELIG es fácilmente adaptable a este tipo de inventarios. En el contexto de una tesis sobre la geomorfología del macizo de Cotiella, se ha seleccionado una docena de LIG de tipo geomorfológico. En consonancia con los modelados dominantes en el macizo, la mayor parte de los LIG inventariados son elementos pertenecientes a los sistemas morfogenéticos glacial y kárstico. El inventario incluye una valoración cuantitativa del interés de los LIG y la prioridad de protección. Igualmente, se han elaborado recomendaciones para su gestión. La realización de trabajos similares en estudios de estas características puede contribuir a completar inventarios ya existentes o iniciarlo en zonas donde no existiera información previa.

Palabras clave: Cotiella, inventarios sistemáticos-temáticos, patrimonio geológico, Pirineo, tesis doctorales.

Abstract: Regional studies generate detailed knowledge about a certain geological discipline in a particular territory. This information is useful as a source of data to elaborate a systematic-thematic geoheritage inventory. At the same time, it helps to reduce subjectivity. IELIG methodology is easily adaptable to this kind of inventories. In the frame of a PhD thesis about the geomorphology of the Cotiella massif, a dozen geomorphological geosites have been selected. According to the prevailing landform genesis in the massif, most of the inventoried geosites belong to the glacial and karstic morphogenetic systems. The inventory includes a quantitative assessment of the type of interest of each geosite and of the protection priority as well. Recommendations for management are presented. The application of the procedure described during similar regional PhD studies could help to compile new inventories or complete existing ones.

Key words: Cotiella, geological heritage, Pyrenees, PhD theses, systematic-thematic inventories.

INTRODUCCIÓN: INVENTARIOS Y ESTUDIOS REGIONALES

Los inventarios de patrimonio geológico tienen como objetivo seleccionar los elementos más valiosos de la geología de una región determinada. La localización, clasificación y valoración de los lugares de interés geológico (LIG) permiten realizar una gestión adecuada de cada uno, posibilitando su conservación y aprovechamiento sostenible (Carcavilla et al., 2007).

Existen numerosos factores que influyen en la realización de un inventario. Uno de ellos es la escala de trabajo, que puede ser tan pequeña como un municipio o tan grande como una unidad geológica entera. Para todos los casos existen en nuestro país precedentes y desarrollo de metodologías (Vegas *et al.*, 2012).

Los objetivos del inventario son también un factor condicionante. Que el trabajo se realice en el contexto de un geoparque, una administración pública o un organismo de investigación puede influir en el planteamiento y en el tipo de resultados obtenidos.

Finalmente un problema común a la realización de un inventario, con independencia de su escala y finalidad, es la reducción de la subjetividad. Para ello, es indispensable un conocimiento profundo y detallado de la geología de la zona de estudio y de su contexto, así como la aplicación de una metodología estandarizada y contrastada.

En cualquier caso, la metodología aplicada ha de ser flexible y modificarse para adaptarla a las características particulares tanto del territorio como de los objetivos del inventario.

En este contexto, los trabajos de carácter regional (TFM, Tesis Doctorales...) ofrecen el estudio detallado de una parte de la geología en un territorio geográficamente amplio que puede ser a escala de macizo, valle o parte de una unidad geológica mayor. Para la realización de un trabajo así, el geólogo no sólo ha de conocer con detalle las características de su zona sino también las del entorno en que se ubica, a fin de relacionar sus elementos de estudio con su contexto regional. En ese marco, el aprovechamiento del conocimiento generado a la selección de LIG resulta una aplicación de gran interés que además reduce la subjetividad.

UN CASO PRÁCTICO: EL MACIZO DE COTIELLA

Situación geográfica y geológica

El macizo de Cotiella se localiza entre las comarcas de Sobrarbe y Ribagorza, en el Pirineo de Huesca (Figura 1), constituyendo el interfluvio Cinca-Ésera. Su superficie es de 177 km² y altitudinalmente abarca desde los 700 m s.n.m. del embalse de Lafortunada hasta los 2.912 m del pico de Cotiella. El macizo forma parte del manto de Cotiella, terminación noroccidental de la Unidad Surpirenaica Central (Seguret, 1972; Martínez Peña, 1991) y está constituido principalmente por materiales carbonatados del Cretácico superior que cabalgan sobre calizas y margas cenozoicas.

En términos geomorfológicos, las líneas generales del relieve están definidas por las grandes estructuras tectónicas que compartimentan el macizo. Sobre esa base se asientan distintos modelados que han actuado con desigual intensidad a lo largo de los últimos millones de años. Destaca el modelado glaciar, con un total de 26 circos (Belmonte, 2014a) de los que parten diversas artesas. Una gran cubeta de sobreexcavación y varios complejos sedimentarios glaciares, glaciolacustres y fluvioglaciares son algunas de las morfologías de este tipo más relevantes.

El modelado periglacial se extiende por la práctica totalidad del macizo. Destacan siete glaciares rocosos, uno de ellos con probable presencia de permafrost, canchales, morfologías de flujo en laderas y potentes depósitos de derrubios estratificados formados en dos momentos distintos.

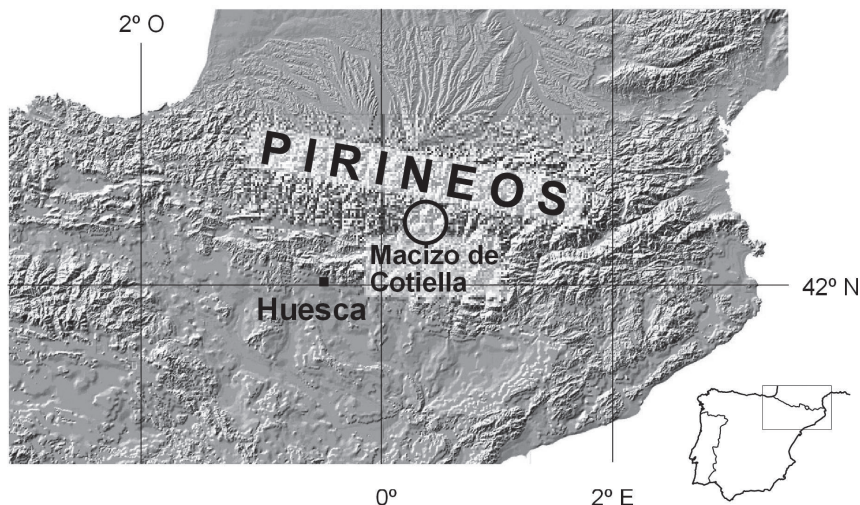


Figura 1. Localización geográfica y geológica del macizo de Cotiella.

Dada la naturaleza eminentemente calcárea del macizo y la disponibilidad de agua tanto de precipitaciones como de fusión nival, el kárstico es un proceso clave en Cotiella y sus morfologías abundantes y variadas. Existen áreas con densidades de 98,4 dolinas/km² (circo de Armeña) y se han descrito 18 tipos distintos de lapiazes. El endokarst incluye sistemas de cavidades de hasta 1.327 m de desnivel y cuevas heladas (Sancho *et al.*, 2012; Belmonte Ribas *et al.*, 2014b).

Otras morfologías relacionadas con la actividad fluviotorrencial y los movimientos en masa son frecuentes en Cotiella. Destacan los flujos de derrubios, con algunos ejemplos de grandes dimensiones y alta funcionalidad, los desprendimientos rocosos y los grandes cañones fluviales.

Metodología del inventario

La tesis doctoral realizada en este macizo ha generado un detallado conocimiento de la geomorfología de Cotiella, en lo que se refiere a procesos que actuaron en el pasado, a procesos activos y a las morfologías resultantes. Dicho conocimiento permitió seleccionar aquellos elementos que potencialmente podían revestir más interés desde un punto de vista científico, didáctico y turístico/recreativo.

Aprovechando esta información se decidió hacer un inventario de LIG sistemático-temático (Sharples, 2002; Carcavilla *et al.*, 2007). Los inventarios sistemáticos parten de la clasificación del medio geológico para seleccionar los lugares más representativos (García-Cortés y Carcavilla, 2013) y consideran, además de criterios geológicos, otros como la vulnerabilidad (Carcavilla *et al.*, 2007). Por otro lado, el carácter temático se centra en la geomorfología ya que en la tesis se han trabajado la totalidad de modelados del macizo. Existen varias opciones a la hora de clasificar los elementos geomorfológicos en un inventario (Southberg, 1990;

Kiernan, 1997; Carcavilla *et al.*, 2004). Dado la estructura de trabajo de la tesis que sustenta este inventario, el criterio utilizado es el del sistema morfogenético al que pertenece cada LIG.

La ficha utilizada fue la propia del IELIG (García-Cortés y Carcavilla, 2013), de cara a facilitar el uso de la información obtenida y a universalizar los resultados en inventarios de rango geográfico mayor que se realicen siguiendo esta metodología.

La selección de LIG se acompañó de una valoración de tipos de interés siguiendo también la metodología del IELIG, la fragilidad y amenazas externas y la prioridad de protección. En esta última, los niveles que indican los grados de prioridad se establecieron siguiendo los criterios de Vegas *et al.*, (2012), pensados para un inventario de escala municipal, un rango de superficie equiparable al del macizo estudiado.

Finalmente, y a partir de toda la información obtenida, se propusieron medidas de gestión y geoconservación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 12 LIG de tipo geomorfológico se han inventariado en el macizo de Cotiella. Pertenecen a cinco sistemas morfogenéticos distintos, correspondiendo la mayoría de los LIG a los sistemas cualitativamente más importantes en la zona (kárstico y glaciar) (Tabla 1). Los límites correspondientes se han cartografiado con ArcGis utilizando como base el mapa geomorfológico que acompaña a la tesis.

Código	Denominación	Proceso involucrado
RI01	Glaciar rocoso de Cotiella	Periglaciar
RI02	Exokarst de Armeña	Karst
RI03	Cueva helada A294	Karst
SO01	Cubeta de sobreexcavación e ibón de Plan	Glaciar
SO02	Sistema de surgencias de Fornos-Chorro-Graners	Karst
SO03	Congosto de la Inclusa	Fluvial
SO04	Glaciares negros de la Peña las Onze	Glaciar
SO05	Flujo de derrubios de Saravillo	Ladera
SO06	Derrubios estratificados de Los Neis	Periglaciar
SO07	Till de ablación de Irués	Glaciar
SO08	Congosto de las Debotas	Fluvial
SO09	Conos de derrubios activos de la Peña de Sin	Ladera

Tabla 1. LIG relacionados con la geomorfología, propuestos en el macizo de Cotiella y sistema morfogenético al que se adscriben.

Siguiendo la metodología del IELIG, se valoró independientemente el interés científico, didáctico y turístico/recreativo. Estos dos últimos campos mostraron coincidencia en los LIG mejor valorados (Tabla 2). La accesibilidad es el factor clave que penaliza la valoración general de los científicos frente a los destacados en las otras dos categorías.

La fragilidad de los LIG que obtienen un valor más alto en ese ámbito está relacionada con procesos torrenciales que afectan a depósitos sedimentarios cuaternarios. Dada la configuración del macizo y el contexto climático actual, dichos procesos son especialmente activos en Cotiella y, por tanto, constituyen una de las principales formas naturales de deterioro de estos depósitos poco o nada consolidados. Las principales amenazas externas tienen que ver con explotaciones de áridos y ampliaciones de carreteras en LIG ubicados en los fondos de valles principales.

LIG	Ic	Id	It	Ic+Id+It	F	A	SD	PPc	PPd	PPt	PPg
RI01: Glaciar rocoso de Cotiella	182	139	139	460	140	165	305	334,5	291,5	291,5	305,8
RI02: Exokarst de Armeña	195	163	131	489	0	165	165	277,5	245,5	213,5	245,5
RI03: Cueva helada A294	255	162	157	574	140	165	305	407,5	314,5	309,5	343,8
SO01: Cubeta de sobreexcavación e Ibón de Plan	247	193	234	674	60	165	225	359,5	305,5	346,5	337,2
SO02: Sistema de surgencias Fornos-Chorro-Graners	189	215	230	634	140	165	305	341,5	367,5	382,5	363,8
SO03: Congosto de la Inclusa	216	260	242	718	60	350	410	421	465	447	444,3
SO04: Glaciares negros de la Peña las Onze	208	225	162	595	40	185	225	320,5	337,5	274,5	310,8
SO05: Flujo de derrubios de Saravillo	169	201	163	533	160	290	450	394	426	388	402,7
SO06: Derrubios estratificados de Los Neis	192	168	152	512	200	135	335	359,5	335,5	319,5	338,2
SO07: Till de ablación de Irués	271	204	153	628	200	165	365	453,5	386,5	335,5	391,8
SO08: Congosto de las Debotas	205	253	246	704	100	270	370	390	438	431	419,7
SO09: Conos de derrubios de la Peña de Sin	193	255	270	718	200	325	525	455,5	517,5	532,5	501,8

Tabla 2. Valoración de los Lugares de Interés Geológico relacionados con la geomorfología del macizo de Cotiella. En negrita se indican los tres valores más elevados de cada categoría. (Ic, interés científico; Id, interés didáctico; It, interés turístico/recreativo; F, fragilidad; A, amenazas externas; SD, susceptibilidad a la degradación; PPc, prioridad de protección en función del interés científico; PPd, prioridad de protección en función del interés didáctico; PPt, prioridad de protección en función del interés turístico/recreativo; PPg, prioridad de protección general).

Los umbrales que definen la prioridad de protección general (PPg) se han calculado siguiendo a Vegas *et al.* (2012):

$$[(PPg_{max} - PPg_{min})/3] + PPg_{min} = \text{límite baja-media}$$

$$\text{límite baja-media} + [(PPg_{max} - PPg_{min})/3] = \text{límite media-alta}$$

Este cálculo tiene como ventaja que se adapta a los valores obtenidos en la zona de estudio con independencia de su extensión. No obstante, requiere una comprobación en campo para asegurar que el resultado matemático se corresponde con una necesidad real de protección (Vegas *et al.*, 2012). De nuevo, los LIG con mayor prioridad de protección resultan los ubicados en fondos de valle mientras que los situados en la alta montaña obtienen valores mínimos.

Para algunos LIG geográficamente agrupados (circo de Armeña) se proponen medidas de gestión conjunta. Para los ubicados dentro del Geoparque de Sobrarbe-Pirineos, su inclusión dentro del inventario de LIG de dicho espacio. Un caso especial es el del flujo de derrubios de Sarabillo, dado que en eventos excepcionales su lóbulo terminal alcanza zonas de ocupación humana (pistas y campos). La rápida retirada de los derrubios por parte de la Administración impide la toma de datos morfométricos y sedimentológicos que puedan contribuir a mejorar el conocimiento sobre la dinámica de este flujo. El propio Geoparque puede en este caso coordinar las acciones mediando entre la Administración y la comunidad científica.

CONCLUSIONES

Los estudios de tipo regional (como por ejemplo las tesis doctorales) generan un marco idóneo para la realización de inventarios de patrimonio geológico de tipo sistemático-temático. Dichos inventarios, considerando distintas disciplinas geológicas, sumados sobre un territorio permitirían llegar a un conocimiento muy detallado y completo del patrimonio existente. Sería necesario que se llevaran a cabo utilizando la misma metodología, a fin de poder cruzar de manera coherente los resultados obtenidos.

En el caso presentado, la metodología del IELIG con las adaptaciones de Vegas *et al.*, (2012) han resultado eficaces para trabajar en un área de extensión reducida (177 km²). Esta metodología permite también una fácil adaptación de los resultados para su incorporación en otros inventarios de rango mayor, como en el caso propuesto el del Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. El grado de conocimiento que se alcanza en este tipo tesis, tanto de la zona de estudio como de su entorno, es un factor reductor de la subjetividad.

Desde el punto de vista de la geomorfología, el macizo de Cotiella ofrece valiosos ejemplos de morfologías y procesos ligados a los sistemas morfogenéticos kárstico y glaciar, principalmente. Del inventario se han extraído propuestas de gestión de interés a escala de Geoparque e incluso autonómica.

REFERENCIAS

- Belmonte Ribas, A. 2014a. *Geomorfología del macizo de Cotiella (Pirineo oscense): cartografía, evolución paleoambiental y dinámica actual*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Zaragoza, 581pp +1 mapa.
- Belmonte Ribas, A., Sancho, C., Moreno, A., López-Martínez, J. y Bartolomé, M. 2014b. Present-day environmental dynamics in ice cave A294, Central Pyrenees, Spain. *Geografía Física e Dinámica Cuaternaria*, 37(2), 131-140.
- Carcavilla, L., Berrio, M. P., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2004. Propuesta de sistematización para el estudio de elementos geomorfológicos como parte del Patrimonio Geológico. Aplicación a la provincia de Albacete. En: Guillén Mondéjar, F. y Del Ramo, A. (eds.), *El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente*. Universidad de Murcia, 125-133.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Publicaciones del IGME, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.
- García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), 02/02/17, <http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf>.
- Kiernan, K. 1997. Landform classification for geoconservation. En: Eberhard, R. (ed.), *Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity*. Technical Series, 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, 21-34.

- Martínez Peña, B. 1991. *La estructura del límite occidental de la Unidad Surpirenaica Central*. Tesis doctoral Universidad de Zaragoza, 380 pp + planos, (inédita).
- Sancho, C., Belmonte, A., López-Martínez, J., Moreno, A., Bartolomé, M., Calle, M. y Santolaria, P. 2012. Potencial paleoclimático de la cueva helada A294 (Macizo de Cotiella, Pirineos, Huesca). *Geogaceta*, 52, 101-104.
- Séguret, M. 1972. *Etude tectonique des nappes et series décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénées*. Publications de USTELA, Série Géologie Structural, 2, Montpellier, 155 pp.
- Sharples, C. 2002. Concepts and principles of geoconservation consultada, 02/02/17, <http://dppwe.tas.gov.au/Documents/geoconservation.pdf>,
- Southberg, T.L. 1990. *Towards a descriptive geomorphic classification system for nature conservation purposes*. Department of Parks, Wildlife & Heritage, Occasional paper, 23 pp.
- Vegas, J., García-Cortés, A., Lozano, G., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2012. Valoración de los Lugares de Interés Geológico de Enguidanos (Cuenca) y su aplicación para la geoconservación. En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del patrimonio geológico en España*. IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (SGE), 271-276.