



# IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON TIPOS DE HÁBITAT ROCOSOS Y GLACIARES

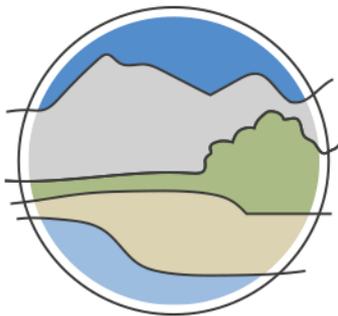
Augusto Pérez-Alberti



Madrid, 2019



Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat



# IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON TIPOS DE HÁBITAT ROCOSOS Y GLACIARES



Madrid, 2019



Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

El presente documento fue realizado en el marco del proyecto *Establecimiento de un sistema estatal de seguimiento del Estado de Conservación de los Tipos de Hábitat en España*, promovido y financiado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desarrollado entre 2015 y 2017.

#### **Dirección técnica del proyecto**

Rafael Hidalgo Martín<sup>1</sup>

#### **Realización y producción**

Tragsatec

#### **Coordinación general**

Elena Bermejo Bermejo<sup>2</sup> y Juan Carlos Simón Zarzoso<sup>2</sup>

#### **Autor**

Augusto Pérez Alberti<sup>3</sup>

#### **Coordinación y revisión editorial**

Jara Andreu Ureta<sup>2</sup>

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

<sup>2</sup> Tragsatec. Grupo Tragsa

<sup>3</sup> CRETUS. Universidade de Santiago de Compostela

#### **A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:**

Pérez-Alberti A. 2019. Identificación y descripción de las principales zonas geográficas con tipos de hábitat rocosos y glaciares. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 28 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

#### **Edita:**

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 638-19-088-X

## ÍNDICE

<b>1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS ROCOSOS EN ESPAÑA .....</b>	<b>7</b>
<b>2. PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON SISTEMAS ROCOSOS .....</b>	<b>17</b>
2.1. Formaciones superficiales .....	17
2.2. Laderas y salientes rocosos .....	18
2.2.1. Laderas y salientes graníticos .....	18
2.2.2. Laderas y salientes calizos .....	19
2.2.3. Laderas y salientes sobre areniscas y conglomerados .....	19
2.2.4. Laderas y salientes volcánicas .....	20
<b>3. PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON GLACIARES .....</b>	<b>21</b>
<b>4. REFERENCIAS .....</b>	<b>23</b>
Bibliografía adicional de interés.....	26

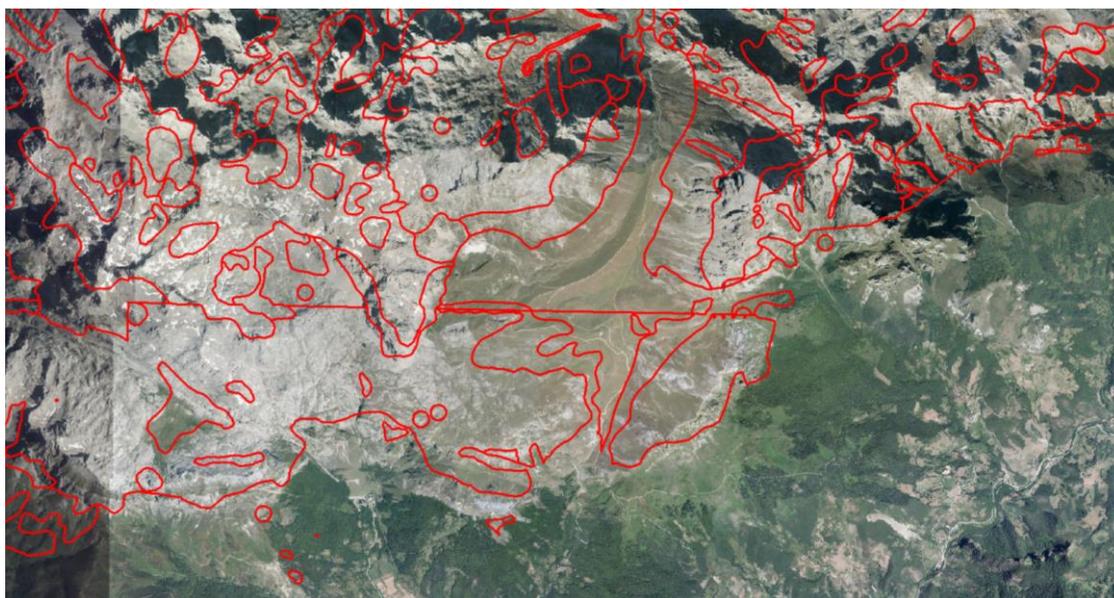




## 1. DISTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS ROCOSOS EN ESPAÑA

La diversidad litológica de la península ibérica, Baleares y Canarias es grande y ello se visibiliza mejor a medida que ampliamos la escala. A escala 1:1.000.000 las unidades litológicas se agrupan permitiendo ver los grandes rasgos definidores; a escala 1:50.000 aparecen las singularidades de manera que, si bien para una aproximación general la primera es útil, a escala local, se hace imprescindible la segunda. En el caso que nos ocupa, al tratarse de una labor encaminada a caracterizar los sistemas rocosos a escala de región biogeográfica en relación con la litología, se ha usado la primera de las escalas citadas. Sin embargo, es aconsejable que, a nivel autonómico se lleve a cabo una aproximación más detallada.

Al analizar la cartografía de los sistemas rocosos existente a nivel español, disponible a través de los Servicios Web de Mapas (WMS) del MITECO<sup>1</sup> se observa una total ausencia de relación entre la realidad y la delimitación, lo que sugiere la necesidad de considerar que su utilidad es muy limitada. Si se analiza, como ejemplo, la distribución del tipo de hábitat de interés comunitario (THIC) 8130 Desprendimientos mediterráneos occidentales y termófilos en Picos de Europa o Pirineos, el resultado es, por lo menos llamativo como se puede ver en las Figuras 1 y 2 que aparecen a continuación.



**Figura 1** Distribución de los desprendimientos en la cordillera Cantábrica, en los alrededores de Aliva. Fuente: elaboración propia a partir de capas de obtenidas de los Servicios Web de Mapas del MITECO<sup>1</sup> y ortofotografías del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA).

<sup>1</sup> [https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/directorio\\_datos\\_servicios/biodiversidad/wms-tipos-habitat.aspx](https://www.miteco.gob.es/es/cartografia-y-sig/ide/directorio_datos_servicios/biodiversidad/wms-tipos-habitat.aspx)



**Figura 2** Distribución de los desprendimientos en los Pirineos. Alto Gállego. Fuente: elaboración propia a partir de capas de obtenidas de los Servicios Web de Mapas del MITECO<sup>1</sup> y ortofotografía del PNOA.

En consecuencia, para tener una buena aproximación a la distribución de los sistemas rocosos a escala biogeográfica se ha utilizado el mapa geológico a escala 1:1.000.000 del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y las capas del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE) correspondientes a afloramientos rocosos (código 352), canchales (código 353) y coladas lávicas cuaternarias (código 354). Ello ha permitido una primera aproximación a escala pequeña dado que el mapa geológico está elaborado a escala 1:1.000.000 y las teselas del SIOSE, integrado dentro del Plan Nacional de Observación del Territorio (PNOT) cuyo objetivo es generar una base de datos de Ocupación del Suelo para toda España, están a escala de 1:25.000, por lo que en el futuro sería conveniente ampliar la escala por lo menos a la del mapa geológico 1:50.000. El SIOSE tiene:

- **Sistema Geodésico de Referencia:** *European Terrestrial Reference System 1989 (ETRS89)*, según las recomendaciones dictadas por el Consejo Superior Geográfico y atendiendo a los requisitos establecidos por la Directiva europea INSPIRE<sup>2</sup>.
- **Sistema Cartográfico de representación:** Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM) en el huso mayoritario de la comunidad autónoma.
- **Escala de referencia:** 1:25.000, con una precisión planimétrica final de al menos 5 m.
- **La Unidad espacial** es el polígono. SIOSE divide geoméricamente todo el territorio según una malla continua de polígonos, donde cada polígono tiene asignado un tipo de cobertura o una combinación de ellas. Se recogen todas las coberturas que presentan al menos un 5% de la superficie del polígono.

<sup>2</sup> Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (Inspire)



- **La superficie mínima** que representa un polígono SIOSE depende de la cobertura del suelo del mismo:
  - Agua, cultivos forzados, coberturas húmedas, playas, vegetación de ribera y acantilados marinos: 0,5 ha.
  - Zonas urbanas: 1 ha.
  - Zonas agrícolas, forestales y naturales: 2 ha.

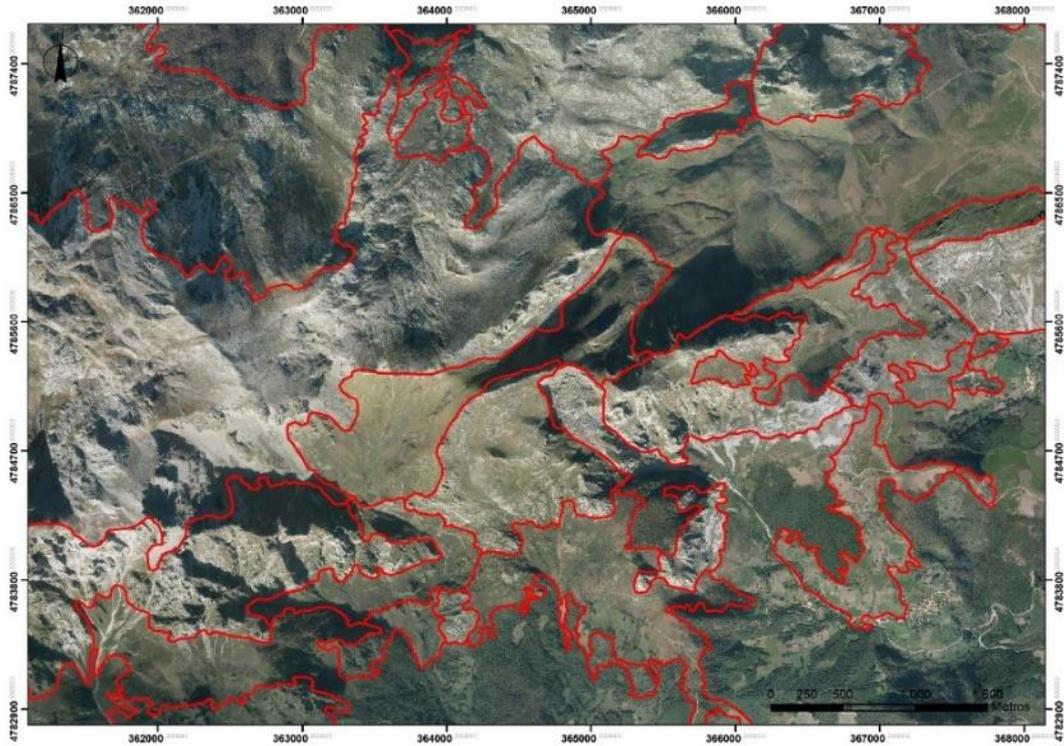
- **Cobertura del suelo (Land Cover):** categorización de la superficie terrestre en distintas unidades según sus propiedades biofísicas, como por ejemplo superficie urbana, cultivos, arbolado forestal, etc.

Dentro de cada polígono SIOSE se puede considerar que la cobertura es homogénea, diferenciándose de los polígonos colindantes por la cobertura o combinación de coberturas que lo forman, de tal manera que la suma de coberturas en un polígono representa el 100% de su superficie. Así, cada cobertura en un polígono lleva asociada el porcentaje de ocupación respecto al total del polígono, siendo el 100% en el caso de una única cobertura y sumando el 100% en el caso de que tenga más de una. Además, dependiendo del tipo de cobertura puede llevar asociado un cierto atributo y la cobertura de un polígono puede ser de dos tipos:

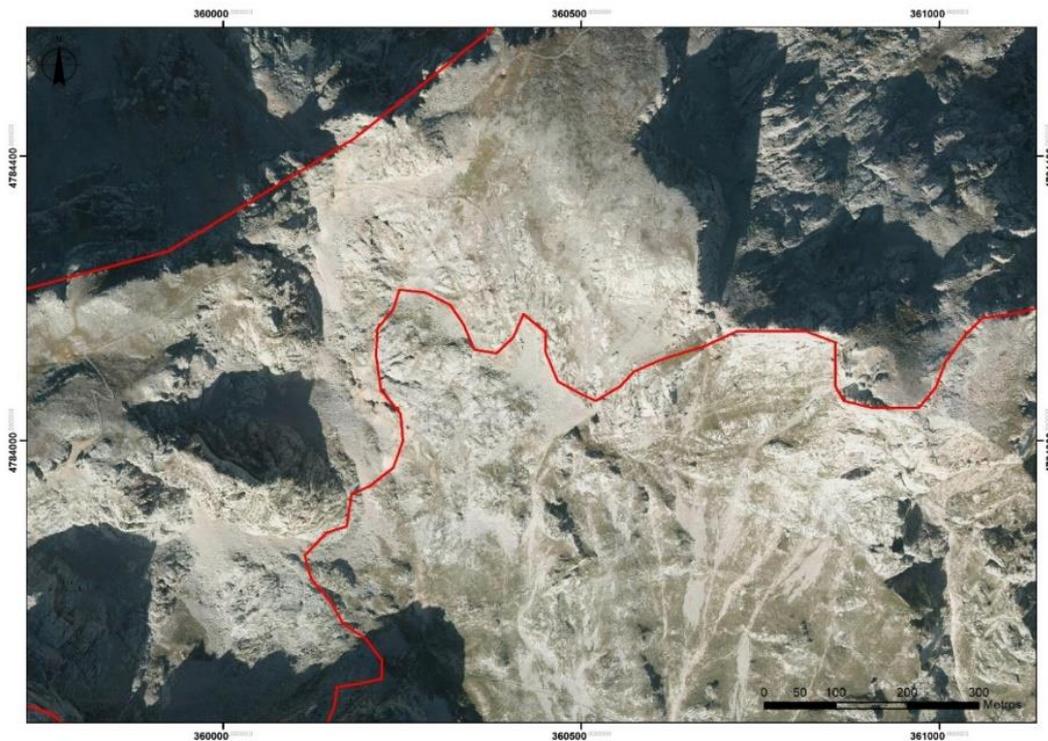
- **Simple:** el polígono se compone de una única cobertura.
  - **Compuesta:** el polígono se compone de dos o más coberturas simples y/o compuestas a su vez. Según la distribución espacial de sus componentes las coberturas compuestas se distinguen entre 'Asociación' y 'Mosaico'. También existe un tipo especial de asociación, denominada 'Asociación predefinida'.
- **Uso del suelo (Land Use):** caracterización del territorio de acuerdo con su dimensión funcional o su dedicación socioeconómica actual, como, por ejemplo, uso industrial, comercial, recreativo, etc. El uso del suelo puede cubrir o no el 100% del polígono.

En el caso de los ecosistemas rocosos se han extraído los polígonos con una ocupación del roquedo del 75% o más. Ello le da una mayor fiabilidad a la hora de discriminar lo rocoso de lo no rocoso. Sin embargo, un problema que surge es el de que el operador que ha diseñado la capa de usos no potencia lo rocoso frente a la cobertura vegetal. Por ello, cuando se usa la escala 1:25.000, los afloramientos rocosos aparecen con una delimitación muy desigual y si se amplía la escala a 1:5.000, se comprueba la falta de relación entre los límites de los polígonos y la realidad y ello se hace más patente cuando se carga la capa de canchales. En este caso, no aparecen delimitados (Figuras 3, 4 y 5).

En la Figura 3 se ve con claridad que cuando se usa la escala a la que se elaboró el SIOSE, los polígonos engloban tanto afloramientos rocosos en su totalidad, sea roca aflorando, sea canchales, como sectores cubiertos de vegetación. Este hecho provoca que los contornos de los afloramientos rocosos sean poco nítidos y sus límites tengan numerosas imperfecciones.



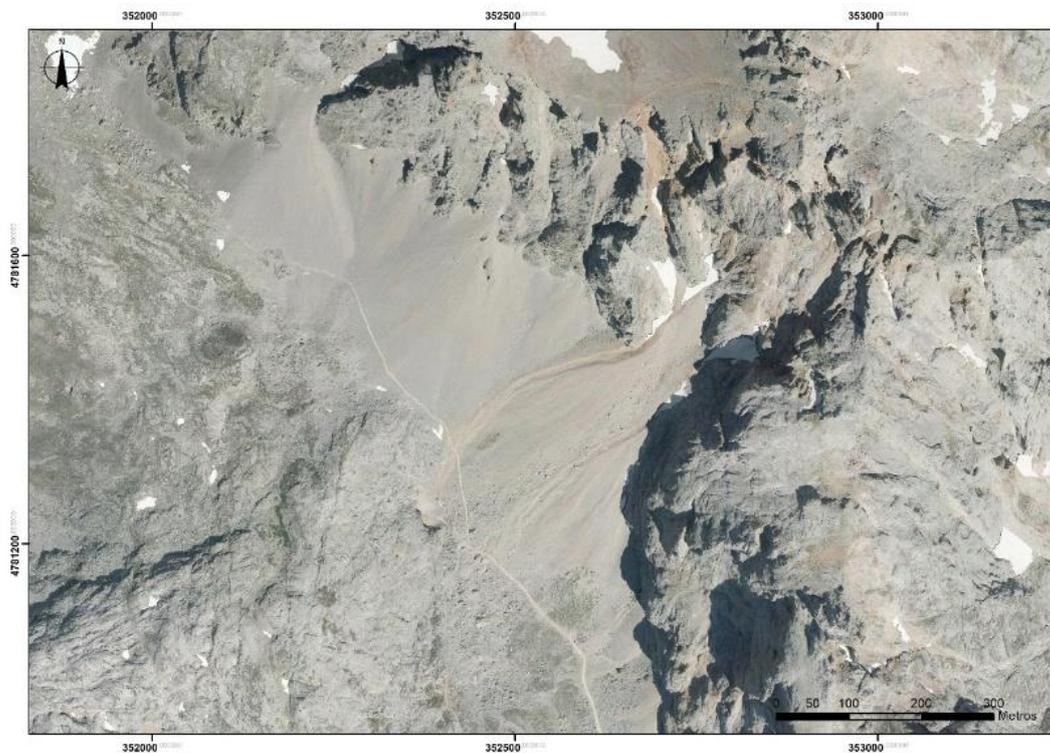
**Figura 3** Afloramientos rocosos delimitados en el SIOSE (2011) a escala 1:25.000 en Picos de Europa. Fuente: elaboración propia a partir de cartografía vectorial del SIOSE y ortofotografía del PNOA.



**Figura 4** Afloramientos rocosos delimitados en el SIOSE (2011) a escala 1:5.000 en Picos de Europa. Fuente: elaboración propia a partir de cartografía vectorial del SIOSE y ortofotografía del PNOA.

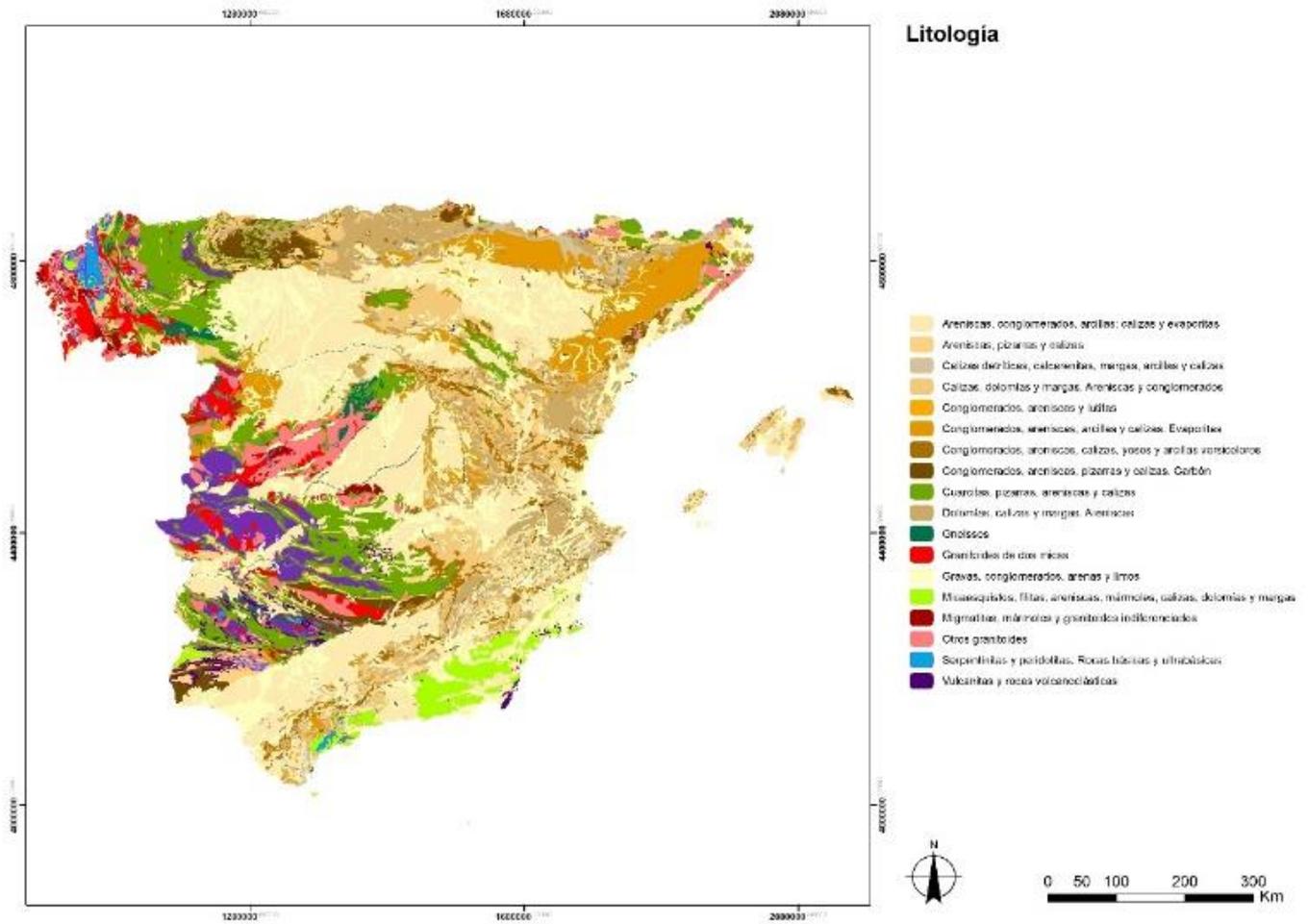


En la Figura 4 se puede ver que, ampliando la escala de análisis las líneas que limitan los polígonos tampoco se adaptan a los espacios dominados por el roquedo. Y los errores son mucho mayores cuando se carga la capa que engloba a los canchales. En este caso son muy grandes como se puede ver en la Figura 5, en la que se observa que no hay ninguna línea delimitando este tipo de formaciones superficiales en los lugares en los que sí existen, como se puede ver en la ortofotografía.

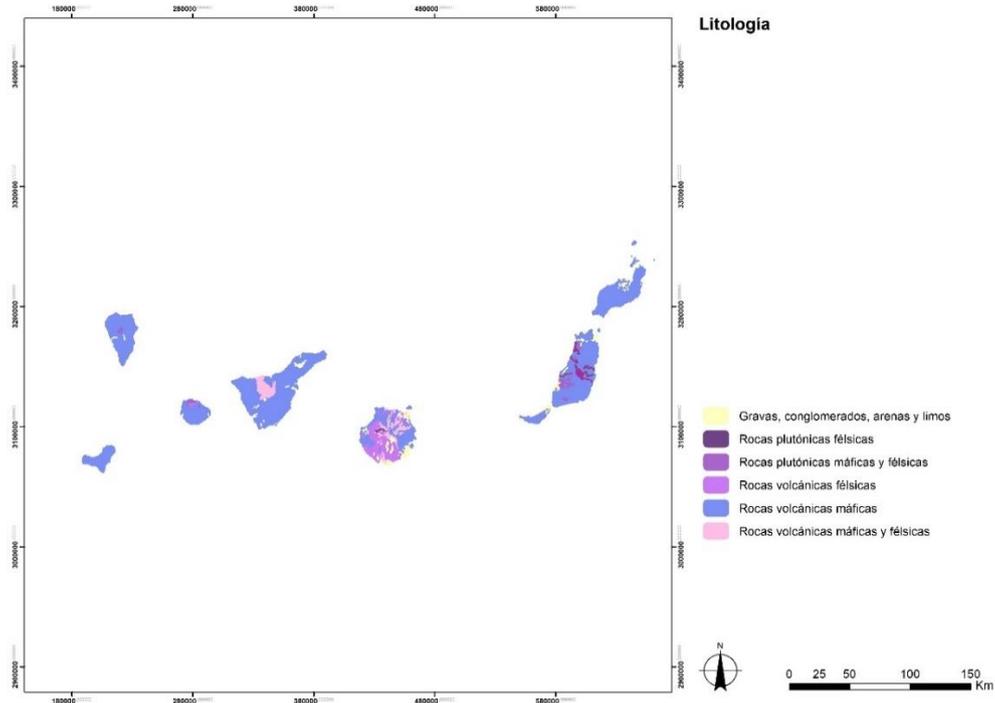


**Figura 5** Los canchales no aparecen delimitados en el SIOSE (2011) a escala 1:5.000 en Picos de Europa. Fuente: elaboración propia a partir de cartografía vectorial del SIOSE y ortofotografía del PNOA.

Partiendo de la base de que el SIOSE no está diseñado para cartografiar ecosistemas y sí usos del suelo, y de que la escala 1:1.000.000 del Mapa Geológico de España (Figuras 6 y 7) no permite aquilatar todos los sectores rocosos, se ha considerado que la interrelación entre ambas capas de información podría permitir saber únicamente a grandes rasgos cómo se distribuyen los afloramientos rocosos a nivel del Estado, tanto en la Península y Baleares como en Canarias. En cualquier caso, con una resolución mejor que la existente.



**Figura 6** Mapa litológico de la península ibérica a escala 1:1.000.000. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IGME.



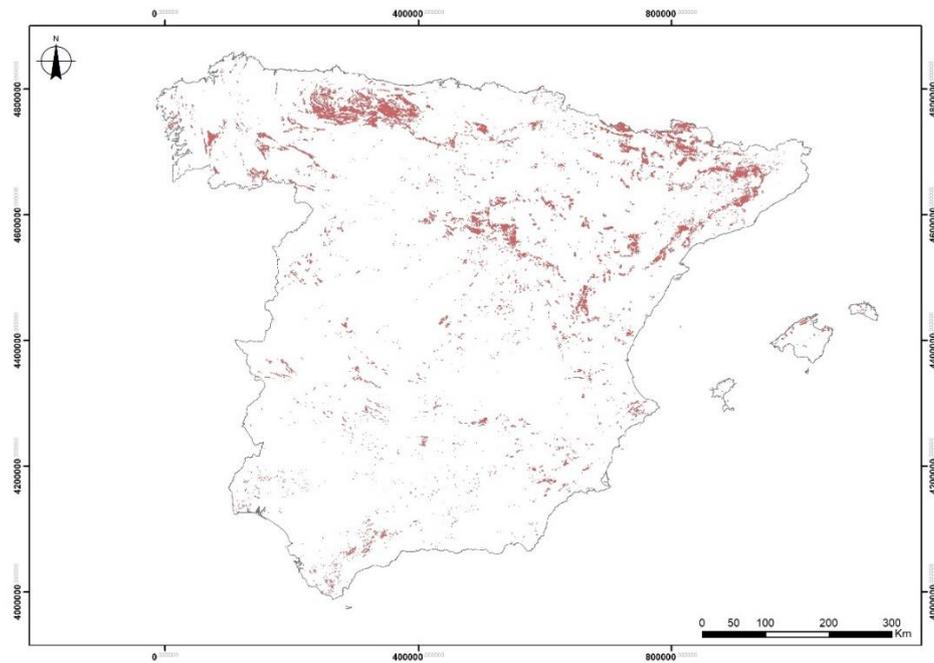
**Figura 7** Mapa litológico de las islas Canarias a escala 1:1.000.000. Fuente: elaboración propia a partir de datos del IGME.

Para ello, se han seguido los siguientes pasos:

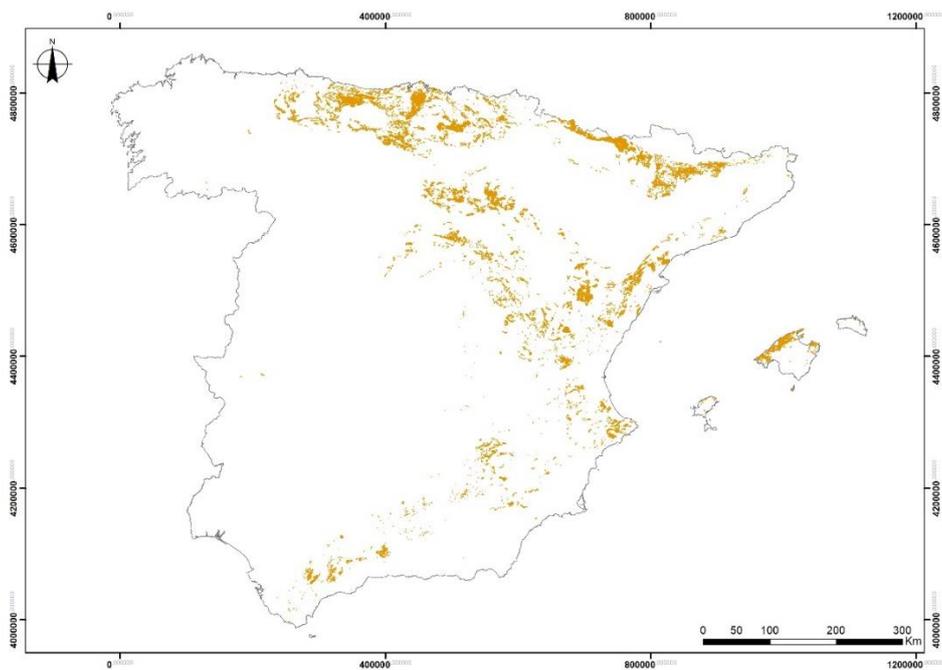
- Extracción de las teselas ya citadas del SIOSE, con un 75% sin cobertura vegetal.
- Extracción de los diferentes tipos de rocas existentes en el Mapa Geológico de España.
- Fusión de las distintas capas de rocas de características semejantes generando seis grandes unidades litológicas que condicionan la mayor parte de las geoformas rocosas descritas en España:
  - Areniscas y conglomerados
  - Calizas y dolomías
  - Rocas metamórficas.
  - Rocas básicas y ultrabásicas
  - Rocas graníticas
  - Rocas volcánicas
- Recorte de los diferentes tipos de rocas por los límites de la capa de afloramientos rocosos que, conviene resaltarlo, solamente cartografía aquellos sectores en los que la roca aflora en superficie, mientras que la capa del mapa geológico engloba tanto los sectores de roca aflorante como el substrato que no aflora. Por ello, desde el punto de vista litológico se pueden diferenciar:
  - Afloramientos de areniscas y conglomerados (Figura 8).
  - Afloramientos de calizas y dolomías (Figura 9).
  - Afloramientos de rocas metamórficas (Figura 10).



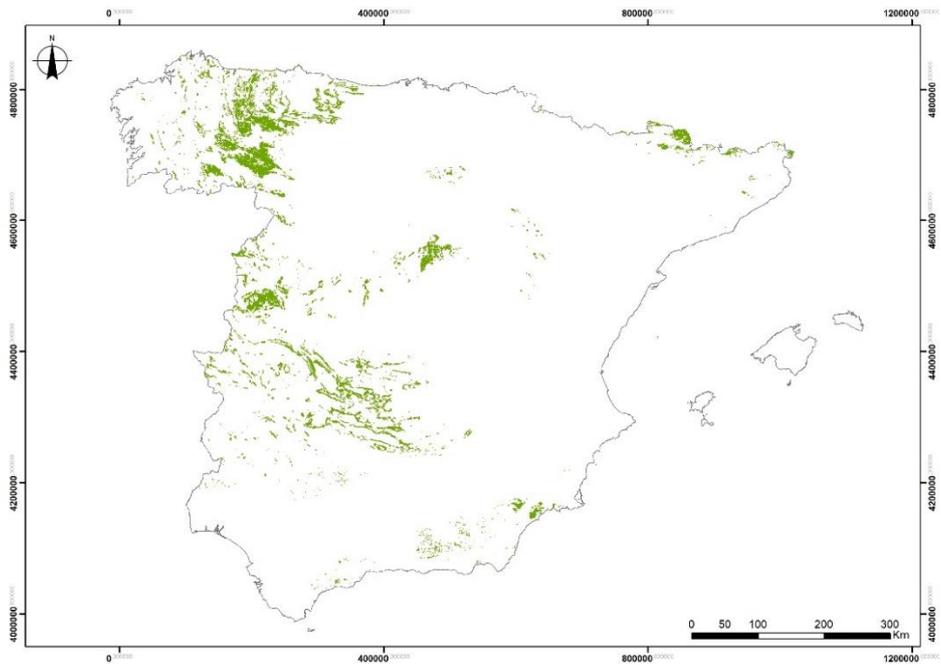
- Afloramientos de rocas básica y ultrabásicas (Figura 11).
- Afloramientos de rocas graníticas (Figura 12).
- Afloramientos de rocas volcánicas (Figura 13).



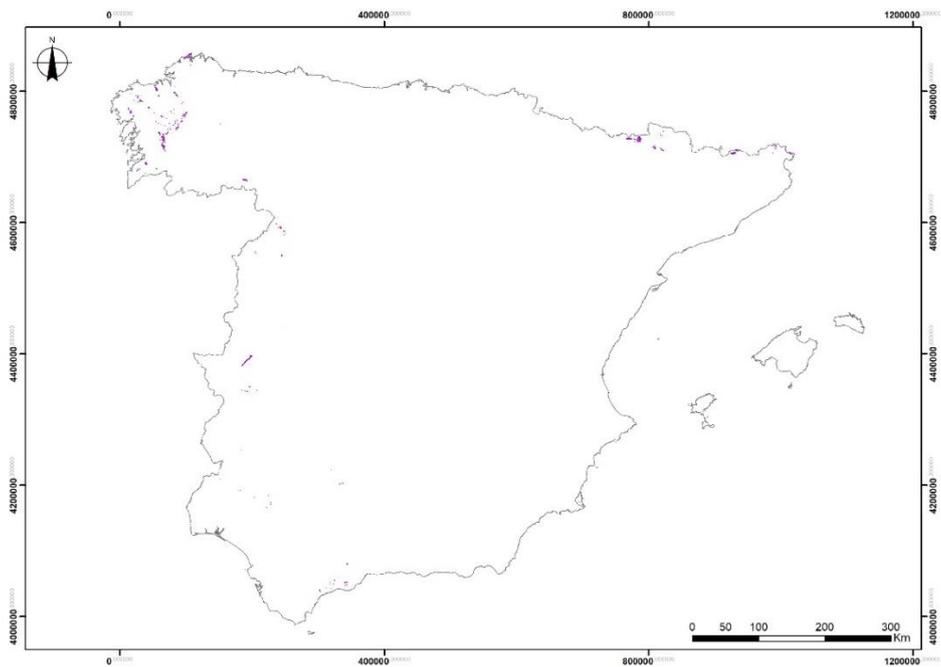
**Figura 8** Afloramientos sobre areniscas y conglomerados. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



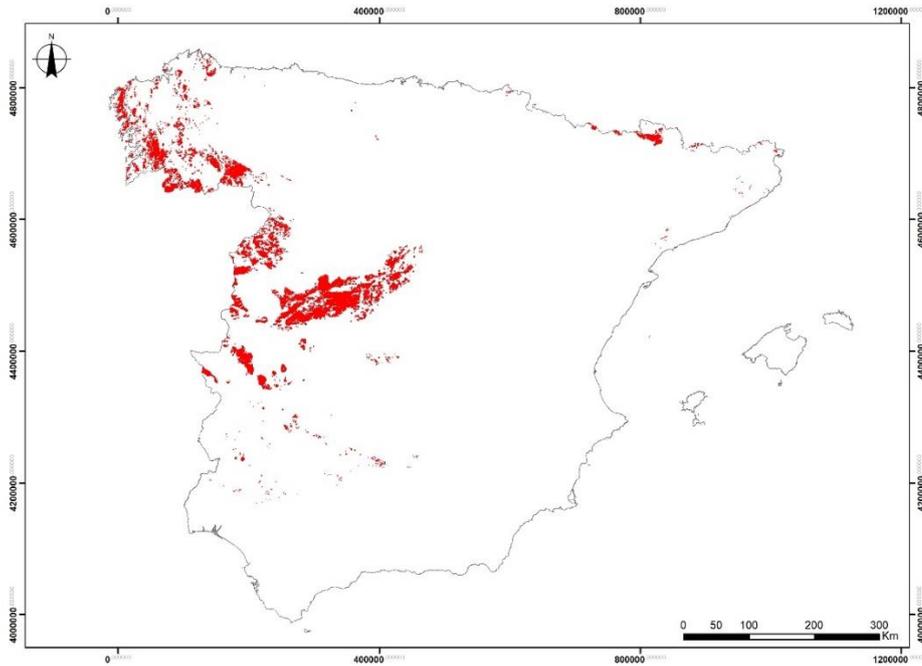
**Figura 9** Afloramientos sobre calizas y dolomías. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



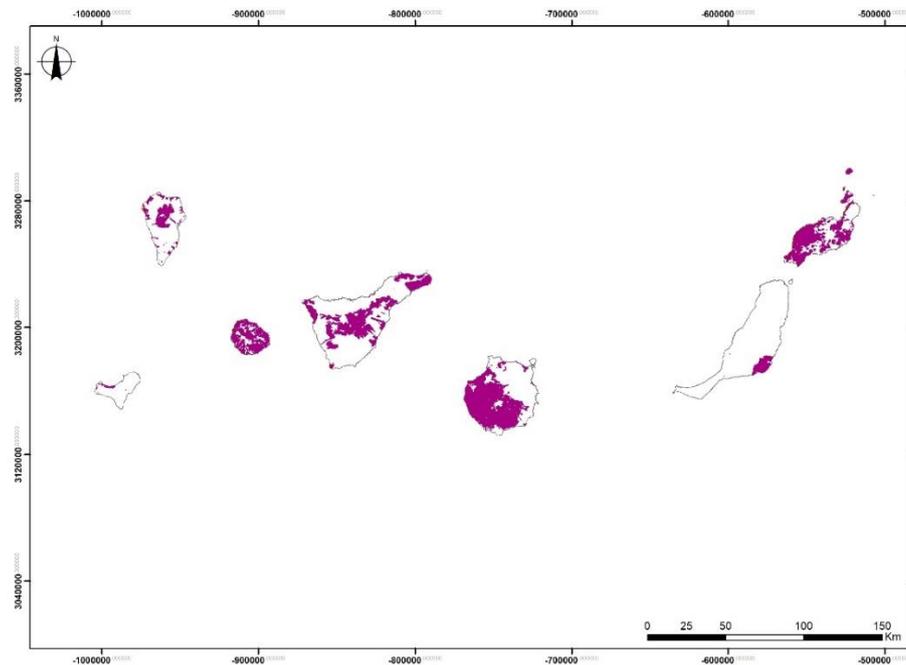
**Figura 10** Afloramientos sobre rocas metamórficas. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



**Figura 11** Afloramientos sobre rocas básicas y ultrabásicas. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



**Figura 12** Afloramientos sobre rocas graníticas. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



**Figura 13** Afloramientos sobre rocas volcánicas. Fuente: elaboración propia a partir de la cartografía vectorial del SIOSE y el Mapa geológico de España.



## 2. PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON SISTEMAS ROCOSOS

### 2.1. Formaciones superficiales

En la Figura 14 se localizan las principales formaciones superficiales de glaciares rocosos activos y fósiles y de campos y laderas de bloques. En el texto se indican los enclaves o zonas.

#### Campos de bloques de cumbres

Se encuentran en sistemas montañosos a diferentes altitudes; a unos 1900 m en la Sierra de Ancares (Lugo) o a 1700 m en el Macizo de Manzaneda (Ourense; Pérez-Alberti & Rodríguez-Gutián 1993) en pequeñas planicies que no superan los 10° de inclinación.

#### Laderas de bloques

Este tipo de formaciones han sido descritas en la sierra de Ancares (Pérez-Alberti & Rodríguez-Gutián 1993), en el Macizo de Moncayo (Pellicer & Echevarría 2004), en la Sierra de Albarracín (Peña *et al.* 2010), en la Sierra de Gistredo (Redondo-Vega *et al.* 2005) o en la Peña de Francia (González & Pellicer 1988).

#### Ríos de bloques

Han sido descritos en Galicia (Pérez-Alberti & Rodríguez-Gutián 1993) en Irimia (Meira, Lugo) y A Fonsagrada (Lugo), y en Orihuela del Tremedal (Teruel; Gutiérrez & Peña 1977). En Irimia el afloramiento supera los 500 m de largo y 90 m en el sector más ancho, y en Orihuela de Tremedal llega a alcanzar los 2,6 km de largo por 0,25 km de ancho. En ambos casos se desconoce su potencia al no observarse el sustrato, aunque seguramente la base es irregular y cambie de unos sectores a otros.

#### Glaciares rocosos

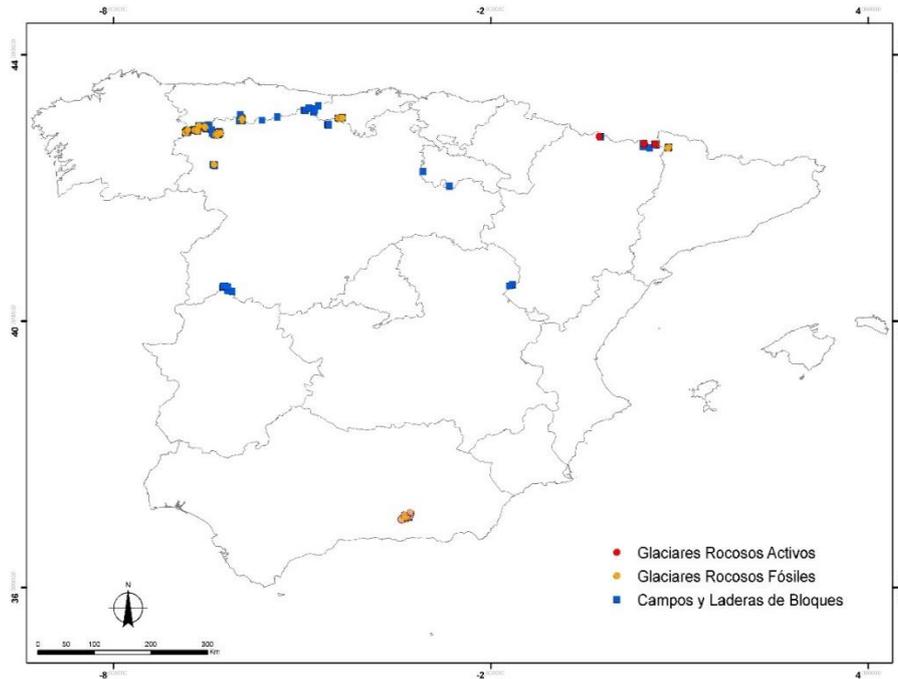
En España, existen tanto glaciares rocosos activos como fósiles generados sobre rocas silíceas. Los primeros se encuentran en los Pirineos (González-García *et al.* 2011; Serrano & Agudo 1998; Serrano & Rubio 1989) y los segundos en numerosos macizos montañosos: Pirineos (Chueca 1991), cordillera Cantábrica (Gómez-Villar *et al.* 2011; Redondo-Vega *et al.* 2005; Redondo-Vega *et al.* 2010), Albarracín (Gutiérrez & Peña 1977) y Sierra de Ancares (Pérez-Alberti & Rodríguez-Gutián 1993).

#### Morrenas de nevero

Han sido citadas en los Pirineos (Martínez de Pisón 1989), cordillera Cantábrica (Serrano & González-Trueba 2004), Sierra de Ancares (Valcárcel Díaz 1998), etc.

#### Taludes de derrubios

Se han descrito en Pirineos (Serrano & Agudo 2004), cordillera Cantábrica (Serrano & González-Trueba 2004) o en Sierra Nevada (Tanarro *et al.* 2010).



**Figura 14** Localización de las principales formaciones superficiales. Fuente: elaboración propia.

## 2.2. Laderas y salientes rocosos

En la Figura 15 se indican laderas y salientes rocosos singulares representativos de geoformas graníticas (domos, cretas rocosas, campos de bolos y caos de bloques), geoformas calizas (planicies o mesas con lapiaces, cretas calizas, dolinas o torcas, hoces y cañones), geoformas sobre areniscas y conglomerados y geoformas volcánicas. En el texto se enumeran los enclaves o zonas.

### 2.2.1. Laderas y salientes graníticos

#### Domos

Se encuentran domos en el Macizo de O Pindo (Carnota, A Coruña; Pérez-Alberti 1982), Pedriza de Manzanares (Manzanares el Real, Madrid; Pedraza *et al.* 1989), Macizo de Lardenya (Cataluña; Roqué & Pallí 1998), Corredor de Béjar (Salamanca; Sanz Donaire 1986), etc.

#### Crestas rocosas

Se encuentran asociadas a otra formación granítica ya citada en el apartado anterior o en la Sierra de Gredos (Pedraza 1989) o Serra do Xurés (Ourense). En cuarcitas se pueden observar en diferentes lugares tales como en el Parque Natural de las Batuecas-Sierra de Francia (Salamanca) o en la Serra do Courel (Lugo).



### Campos de bolos (berrocales, penedos, etc.)

Son abundantes en los dominios graníticos creando paisajes pétreos en diferentes lugares de la Península: Pedriza de Manzanares (Madrid), Pena Corneira (Ourense), Macizo de Manzaneda (Ourense), Serra do Xurés (Ourense), Penedos de Pasarela (A Coruña), Burgohondo (Ávila), etc.

### Caos de bloques

Son muy abundantes y suelen aparecer asociados a otras formas en los diferentes macizos españoles citados.

## 2.2.2. Laderas y salientes calizos

### Planicies o mesas con lapiaces o lenares

Los mejores ejemplos se encuentran en Picos de Europa (Asturias-Cantabria), en el Macizo Cornión (Santos & Marquínez 2005), en Somiedo (Asturias-León), en Torcal de Antequera (Málaga; Burillo 1998; Moral 2010; Pulido 1999), en Ciudad Encantada (Cuenca; Twidale & Centeno 1993) o en Revilla de Pomar (Palencia).

### Crestas calizas

Buenos ejemplos se pueden ver en el Torcal de Antequera.

### Dolinas o torcas

Existen excelentes ejemplos en la provincia de Teruel en Villar del Cobo (Sierra de Albarracín; García-Cortés *et al.* 2012; Gracia 1991; Gracia & Gutiérrez 1999; Sánchez *et al.* 2010), en la Serranía de Cuenca (Escudero & Regato 1992), en Palancares (Cuenca), en Covalagua y Las Tuerces (Palencia; Martín *et al.* 2010), etc.

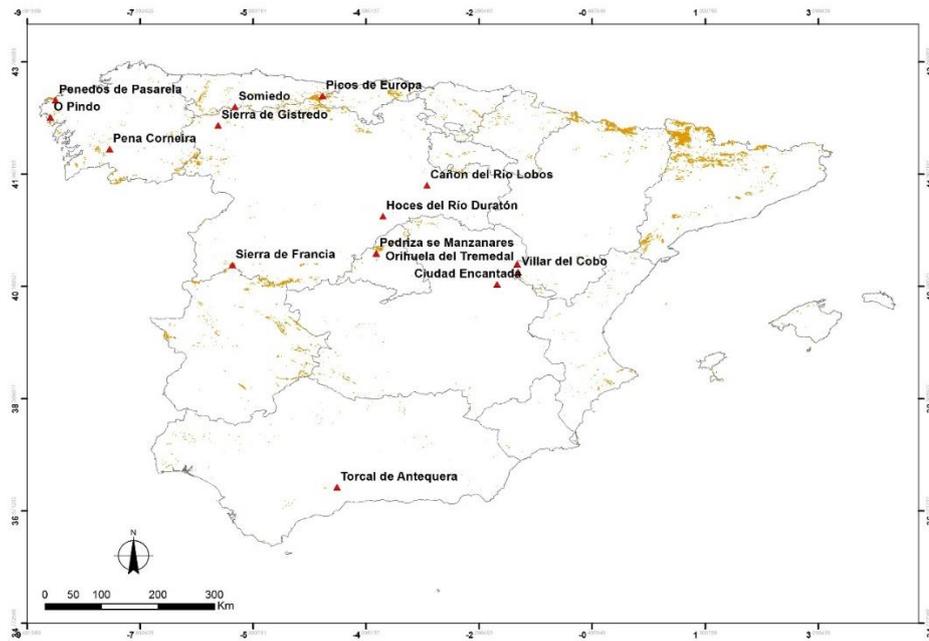
### Hoces, cañones

Pueden servir de ejemplo las Hoces del Duratón (Segovia; Tanarro & Muñoz 2010) u Hoces de Alto Ebro y Rudrón (Burgos; González-Pellejero *et al.* 2012; Serrano *et al.* 2009), Cañón de Río Lobos (Soria), etc.

## 2.2.3. Laderas y salientes sobre areniscas y conglomerados

Son de destacar los de Montserrat (Barcelona) o los Mallos de Riglo (Huesca) y están modelados sobre conglomerados del Mioceno, sedimentos con cantos rodados de tamaño significativo cementados (Benito 1986). En este lugar se ha descrito la especie *Centaurea inexpugnabilis* (Ferrer-Gallego *et al.* 2016).

Lo mismo sucede con las geoformas modeladas sobre areniscas entre las que destacan las existentes en los Torrollones de Gabarda (Monegros, Huesca; Sancho *et al.* 2004) o en la Sierra de Albarracín en donde se pueden ver paredes verticales, pavimentos y tormos que han sido estudiadas por Benito *et al.* (1993) y Sancho *et al.* (2010). El afloramiento de areniscas subhorizontales, afectadas por fracturas verticales, ha condicionado el origen de torres, corredores y callejones, tormos y pavimentos rocosos en el Parque Cultural de Albarracín.



**Figura 15** Algunos lugares en donde existen afloramientos rocosos singulares. Fuente: elaboración propia.

#### 2.2.4. Laderas y salientes volcánicas

Asimismo, el fenómeno eruptivo reciente dispone de extensiones variables, desde espacios concretos como el Malpaís Chico y Grande en Fuerteventura, hasta la totalidad de la isla de El Hierro. Por este motivo, se incluyen, dentro del THIC 8320 Campos de lava y excavaciones naturales, aquellos sustratos derivados de la actividad volcánica reciente cuyas características geomorfológicas vengán definidas por el predominio de las formas volcánicas directas y en buen estado de conservación. La particular distribución geográfica de estos territorios volcánicos en el conjunto insular y la influencia de factores de naturaleza climática, geomorfológica y humana, son responsables de la diversidad de paisajes y de ecosistemas de este tipo de hábitat.

Entrando al detalle, hay buenos ejemplos de lavas *pahoehoe* en El Lajial (El Hierro) y en los derrames lávicos de Timanfaya (Lanzarote), y de lavas *aa*, en todas las islas. También se pueden encontrar hornitos hidromagmáticos, que se forman cuando las lavas circulan por lugares con presencia de agua, marina o no (Lobos en Fuerteventura, Chinyero en Tenerife, etc.).

Entre los roques hay que señalar: Roque Nublo, Roque del Monje y Roque Bentaiga en Gran Canaria, Roque de las Animas, Roque de En medio y Roques de García, en Tenerife o el Roque de Agando en La Gomera.



### 3. PRINCIPALES ZONAS GEOGRÁFICAS CON GLACIARES

Las acumulaciones permanentes de hielo (glaciares y heleros de montaña), únicamente se encuentran en España en los macizos de mayor altitud del Pirineo central aragonés: Infiernos, Monte Perdido, Posets y Maladeta. Se ubican a una altitud media por encima de los 2 700 m, lo que favorece la existencia de bajas temperaturas y precipitaciones en forma de nieve. Su localización mayoritaria en circos orientados al norte colabora igualmente a su conservación, al reducir los aportes de radiación solar.

Desde la década de los años 80 del pasado siglo, los glaciares pirenaicos han experimentado un marcado retroceso en superficie y volumen. La extensión superficial de los aparatos glaciares pirenaicos alcanzaba en 2006 las 201,33 ha (Chueca & Julián 2006). Para estos autores, el número de formas catalogables en este tipo de hábitat ascendía a 16 (diez glaciares, cuatro formas transicionales de glaciar-helero y dos heleros). En 2011, según el proyecto ERHIN<sup>3</sup> (Evaluación de recursos hídricos procedentes de la innivación), persistían 15 (9 glaciares y 6 heleros) de los 34 aparatos descritos en 1982, siendo el más importante por extensión el macizo glaciar de Aneto-Maladeta, siguiéndole el de Monte Perdido, donde se concentra la mayor parte de los trabajos y estudios realizados<sup>4</sup> (Figura 16).

En la cartografía llevada a cabo a partir de la ortofotografía de 2015, se han localizado 11 aparatos. La cubierta de nieve impide saber con claridad si todos los cartografiados son glaciares. En el mejor de los casos, se han detectado 11 (Figura 17). Solamente mediante comprobaciones en campo se podrá saber con exactitud el número real.

A lo largo de las últimas décadas, la evolución regresiva asociada al proceso actual de calentamiento global ha provocado la deglaciación total en los macizos de Balaitús, Vignemale, La Munia y Perdiguero (Chueca & Julián 2006). En diferentes publicaciones se han analizado los factores que controlan el desarrollo y la distribución espacial de los glaciares pirenaicos, tanto a escala general (Chueca *et al.* 2000, 2002, 2004a; Julián *et al.* 2001), como de macizos (Chueca & Julián 2004; Chueca *et al.* 2003, 2004b, 2005, 2007; López-Moreno *et al.* 2006a, 2006b). Sintetizando, se ha constatado la existencia de dos grandes grupos de factores de control, generales y locales.

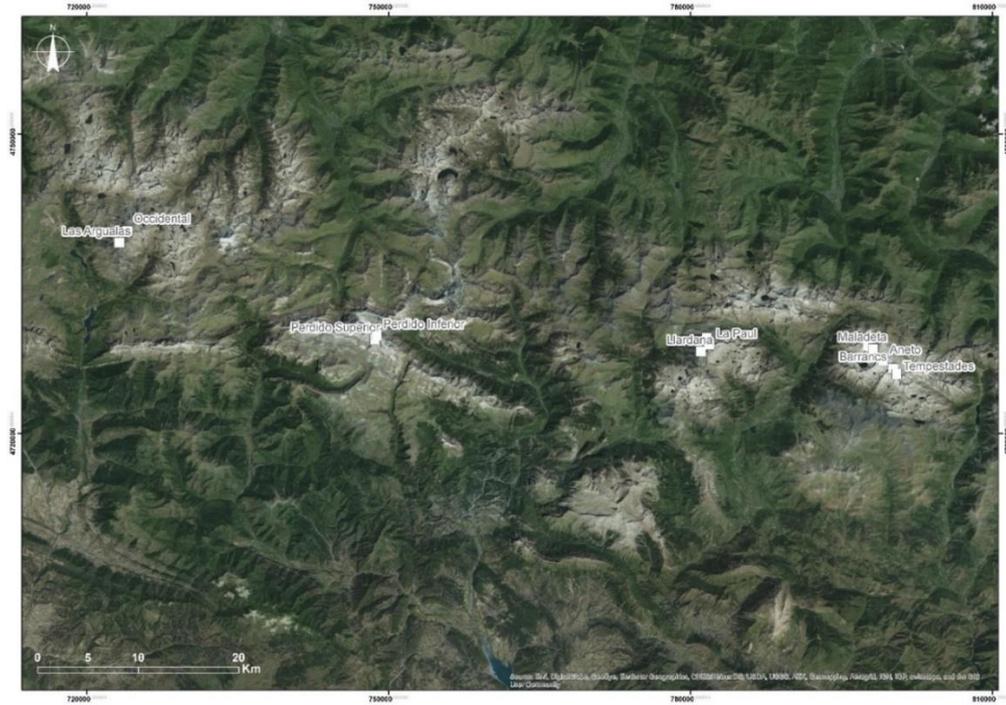
Dentro de los factores generales se encuentra el comportamiento climático a nivel regional que, en las últimas décadas, y asociado al proceso actual de calentamiento, se ha caracterizado por el aumento de las temperaturas durante el período de ablación (fundamentalmente las temperaturas máximas, que son las que mayores repercusiones tienen en el balance de masa glaciar) y el descenso de las precipitaciones nivales durante el período de acumulación (Chueca *et al.* 2003, 2004b, 2007).

Dentro de los factores locales, se ha evidenciado la importancia creciente de los relacionados con la topografía: pendientes, concavidad/convexidad del terreno y radiación solar incidente. Este último factor es el que condiciona de una forma más estrecha la degradación glaciar en las fases finales de retroceso (Chueca & Julián 2004; López-Moreno *et al.* 2006a, 2006b, 2016).

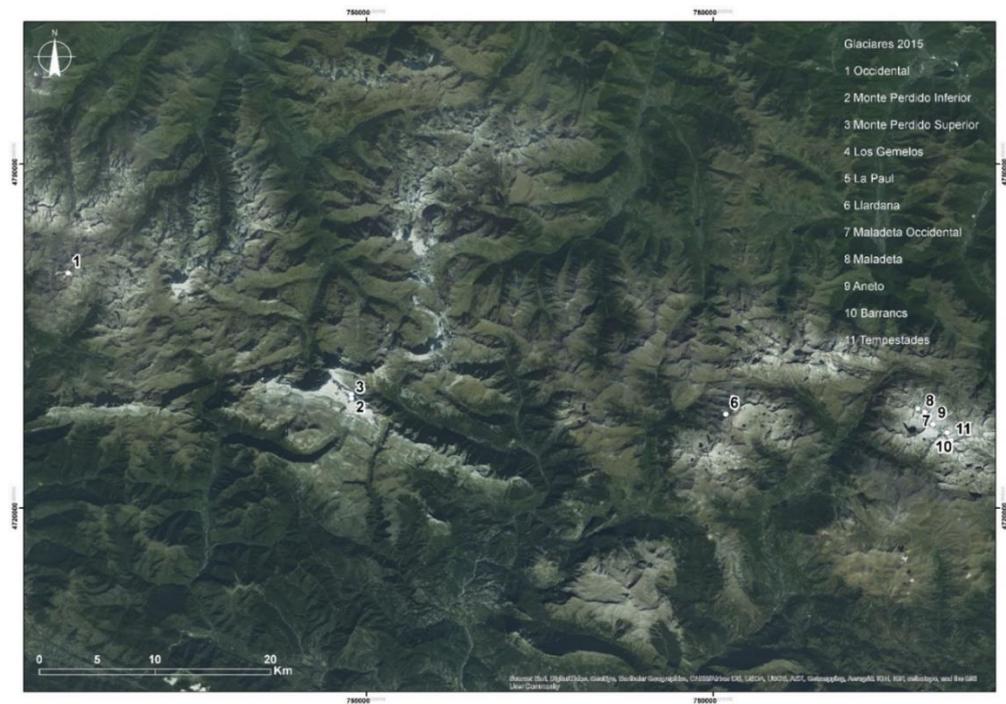
---

<sup>3</sup> <http://www.mapama.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/erhin/>

<sup>4</sup> [https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/Los%20glaciares%20espa%C3%B1oles\\_tcm30-214972.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/temas/evaluacion-de-los-recursos-hidricos/Los%20glaciares%20espa%C3%B1oles_tcm30-214972.pdf)



**Figura 16** Glaciares existentes según proyecto ERHIN (2011). Fuente: elaboración propia a partir del uso de *Google Earth*.



**Figura 17** Glaciares existentes en 2015. Fuente: elaboración propia a partir del uso de *Google Earth*.



#### 4. REFERENCIAS

- Benito G, Machado M J & Sancho C. 1993. Sandstone weathering processes damaging prehistoric rock paintings at the Albarracín Cultural Park, NE Spain. *Environmental Geology*. 22: 71-79.
- Benito G. 1986. Génesis del modelado tipo mallo. *Cuadernos de Investigación Geográfica*. 12: 25-38.
- Burillo F J. 1998. El karst del Torcal de Antequera. pp. 153-164. En: Durán J J & López Martínez J (eds.) *Karst en Andalucía*. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.
- Capps S R J. 1910. Rock glaciers in Alaska. *Journal of Geology*. 18: 359- 375.
- Chueca J & Julián A. 2004. Relationship between solar radiation and the development and morphology of small cirque glaciers (Maladeta mountain massif, Central Pyrenees, Spain). *Geografiska Annaler*. 86A(1): 81-89.
- Chueca J & Julián A. 2006. La degradación reciente de los glaciares del Pirineo español: datos de pérdida de superficie durante el período de observación 1981/2005-2006. *Boletín Glaciológico Aragonés*. 7: 9-182.
- Chueca J, Julián A & López-Moreno J I. 2003. Variations of Glaciar Coronas, Pyrenees, Spain, during the 20th century. *Journal of Glaciology*. 49(166): 449-455.
- Chueca J, Julián A & López-Moreno J I. 2007. Recent evolution (1981-2005) of the Maladeta glaciers, Pyrenees, Spain: extent and volume losses and their relation with climatic and topographic factors. *Journal of Glaciology*. 53(183): 547-557.
- Chueca J, Julián A & Peña J L. 2002. Comparación de la situación de los glaciares del Pirineo español entre el final de la Pequeña Edad del Hielo y la actualidad. *Boletín Glaciológico Aragonés*. 3: 13-41.
- Chueca J, Julián A & René P. 2004a. Estado de los glaciares en la cordillera pirenaica (vertientes española y francesa) a finales del siglo XX. pp. 91-102. En: Benito G & Díez Herrero A (eds.) *Contribuciones recientes sobre geomorfología*. Actas de la VIII Reunión Nacional de Geomorfología. SEG-CSIC. Madrid.
- Chueca J, Julián A, López-Moreno J I, Peña J L & Camins J. 2004b. Análisis de la evolución reciente de los glaciares del macizo de la Maladeta (Pirineo Central español): cuantificación de pérdidas de superficie y volumen. *Boletín Glaciológico Aragonés*. 5: 9-164.
- Chueca J, Julián A, Saz M A, Creus J & López-Moreno J I. 2005. Responses to climatic changes since the Little Ice Age on Maladeta Glacier (Central Pyrenees). *Geomorphology*. 68: 167-182.
- Chueca J, Peña J L, Julián A & Blanchard E. 2000. Dinámica de los glaciares del Pirineo Aragonés: resultados de la campaña glaciológica del año 1998. *Boletín Glaciológico Aragonés*. 1: 13-41.
- Chueca J. 1991. Aplicación de métodos de análisis factorial en el establecimiento de una tipología de los glaciares rocosos del Pirineo Central oscense. *Cuaternario y Geomorfología*. 5(1-4): 27-43.
- Escudero A & Regato P. 1992. Ordenación de la vegetación de las torcas de la Serranía de Cuenca y sus relaciones con algunos factores del medio. *Orsis: organismes i sistemes*. 7: 41-55.
- Ferrer-Gallego P P, Roselló R, Mansanet-Salvador C J, Gómez J, Totta C, Laguna E & Peris J B. 2016. *Centaurea inexpugnabilis*, una nueva especie de la sección Acrocentron para la flora ibérica. *Collectanea Botanica*. 35: e006.



- García-Cortés A, Carcavilla L, Díaz-Martínez E & Vegas J. 2012. Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Cordillera Ibérica. Instituto Geológico y Minero de España. Ministerio de Economía y Competitividad. 147 pp.
- Gómez-Villar A, González-Gutiérrez R B, Redondo-Vega J M & Santos-González J. 2011. Distribución de glaciares rocosos relictos en la Cordillera Cantábrica. Cuadernos de investigación geográfica. 37: 49-80.
- González J A & Pellicer F. 1988. Rasgos generales del periglaciario de la Península Ibérica II: Dominio continental de las tierras del interior. Cuadernos de investigación geográfica. 14: 23-80.
- González-García M, Serrano E, SanJosé J J & González-Trueba J J. 2011. Dinámica superficial y estado actual del glaciar rocoso de la Madaleta Occidental (Pirineos). Cuadernos de investigación geográfica. 37: 81-94.
- González-Pellejero R, Martínez-Aguirre A, Allende F & Frochoso M. 2012. Las precipitaciones carbonatadas de los cañones del Ebro: Avances en su reconocimiento y cronología. pp. 401-404. En: González Díez, A *et al.* (eds.) Avances de la Geomorfología en España 2010-2012. XII Reunión Nacional de Geomorfología, Santander 2012.
- Gracia F J & Gutiérrez F. 1999. Geomorfología kárstica de las cuencas de Gallocanta y Jiloca (Provincia de Teruel). Revista del Instituto de Estudios Turolense. 39: 41-68.
- Gracia F J. 1991. Criterios de clasificación morfométrica de campos de dolinas. Cuaternario y Geomorfología. 5: 65-76.
- Gutiérrez M & Peña J L. 1977. Las acumulaciones periglaciares del Macizo del Tremedal (Sierra de Albarracín). Boletín Geológico y Minero. 88: 109-115.
- Julián A, Chueca J, Peña J L, López-Moreno J I & Lapeña A. 2001. Dinámica de los glaciares del Pirineo aragonés: resultados de la campaña glaciológica del año 1999. Boletín Glaciológico Aragonés. 2: 13-36.
- López-Moreno J I, Nogués D, Chueca J & Julián A. 2006a. Glacier development and topographic context. *Earth Surface Processes and Landforms*. 31(12): 1585-1594.
- López-Moreno J I, Nogués D, Chueca J & Julián A. 2006b. Change of topographic control on the extent of cirque glaciers since the Little Ice Age. *Geophysical Research Letters*. 33: L24505.
- López-Moreno J L, Revuelto J, Rico I, Chueca-Cía J, Julián A, Serreta A, Serrano E, Martín Vicente-Serrano S, Azorin-Molina C, Alonso-González E & García-Ruiz J M. 2016. The Thinning of the Monte Perdido Glacier in the Spanish Pyrenees since 1981. *The Cryosphere*. 10: 681-694.
- Martín J F, Caballero J & Carcavilla L. 2010. Organización de información geomorfológica orientada a la ordenación y gestión de espacios naturales. El caso de Covalagua y Las Tuerces (Palencia, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección geológica*. 104(1-4): 71-92.
- Martínez de Pisón E. 1989. Morfología glaciar del valle de Benasque (Pirineo aragonés). *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*. 18: 51-64.
- Moral F. 2010. Condicionantes genéticos de las formas kársticas de El Torcal de Antequera (Cordillera Bética). *Geogaceta*. 48: 23-26.
- Pedraza J, Sanz M A & Martín A. 1989. Formas graníticas de La Pedriza. Agencia de Medio Ambiente. Madrid. 205 pp.



- Pedraza J. 1989. La morfogénesis del Sistema Central y su relación con la morfología granítica. Cuaderno Lab. Xeolóxico de Laxe Coruña. 13: 31-46.
- Pellicer F & Echeverría M T. 2004. El modelado glaciar y periglaciar en el Macizo del Moncayo. pp. 173-186. En: Peña J L, Longares L A & Sánchez M. Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- Peña J L, Lozano M V, Sánchez M, Llongares L A & Jiménez A. 2010. Las acumulaciones de clima frío de la Sierra de Albarracín. pp. 163-188. En: Peña J L, Sánchez M & Lozano M V (eds.) Las formas del relieve de la sierra de Albarracín. Centro de Estudios de la Comunidad de Albarracín. Colección Estudios, 7.
- Pérez-Alberti A & Rodríguez-Gutián M A. 1993. Formas y depósitos de macroclastos y manifestaciones actuales de periglaciarismo en las Sierras Septentrionales y Nororientales de Galicia. pp. 91-106. En: Pérez-Alberti A, Guitián Rivera L & Ramil-Rego P (eds.) La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los caminos jacobeos. Xunta de Galicia.
- Pérez-Alberti A. 1982. Xeomorfoloxía. pp. 9-69. En: Pérez-Alberti A (Dir.). Xeografía de Galicia, Tomo I, O Medio. Ed. Sálvora. Santiago de Compostela.
- Pulido A. 1999. Principales rasgos hidrogeológicos de los macizos kársticos andaluces. pp. 49-53. En: Durán J J & López Martínez J (eds.) Karst en Andalucía. Instituto Tecnológico Geominero de España. Madrid.
- Redondo-Vega J M, Gómez-Villar A & González-Gutiérrez R B. 2005. Rasgos morfométricos y morfodinámicos de los glaciares rocosos relictos de la Sierra de Gistredo (Montaña Cantábrica, León). pp. 373-382. En: Homenaje a Joaquín González Vecín. Secretariado de Publicaciones. Universidad de León. ISBN 84-9773-184-0.
- Redondo-Vega J M, Gómez-Villar A, González-Gutiérrez R B & Santos-González J. 2010. Los glaciares rocosos de la Cordillera Cantábrica. Secretariado de Publicaciones, Universidad de León.
- Roqué C & Pallí L. 1998. Las formas graníticas del macizo de l'Ardenya. Investigaciones recientes de la geomorfología española: aportaciones a la V Reunión Nacional de Geomorfología. 1(1): 107-114.
- Sánchez M, Peña J L, Lozano M V & Moya C. 2010. Los campos de dolinas de la Sierra de Albarracín. pp. 89-110. En: Peña J L, Sánchez M & Lozano M V (eds.) Las formas del relieve de la Sierra de Abarracín. Centro de Estudios de la Comunidad de Albarracín. Colección Estudios, 7.
- Sancho C, Benito G & Machado M J. 2010. El modelado en areniscas del rodeneo de Albarracín. pp. 189-218. En: Peña J L, Sánchez M & Lozano M V (eds.) Las formas del relieve de la sierra de Albarracín. Centro de Estudios de la Comunidad de Albarracín. Colección Estudios, 7.
- Sancho C, Peña J L, Belmonte A, Souza V, Fort R, Longares L A & Sopena M C. 2004. El modelado en areniscas de los Torrollones de Gabarda (Monegros, Huesca). pp. 329-343. En: Peña J L, Longares L A & Sánchez M. Geografía física de Aragón. Aspectos generales y temáticos. Universidad de Zaragoza e Institución Fernando el Católico. Zaragoza.
- Santos R & Marquínez J. 2005. Las formas del lapiaz en el Macizo del Cornión, Picos de Europa. Cuaternario y Geomorfología. 19(1-2): 35-47.
- Sanz Donaire J J. 1986. El corredor de Béjar. Tomo II. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 272 pp.



Serrano E & Agudo C. 1998. Glaciares rocosos activos de los Pirineos. Implicaciones ambientales. pp. 133-154. En: Gómez A, Salvador-Franch F, Schulte L & García-Navarro A (eds.) Procesos biofísicos actuales en medios fríos: estudios recientes. Public. Universitat de Barcelona.

Serrano E & Agudo C. 2004. Glaciares rocosos y deglaciación en la alta montaña de los Pirineos aragoneses (España). Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. 99(1-4): 159-172.

Serrano E & González-Trueba J J. 2004. Morfodinámica periglacial en el grupo Peña Vieja (Macizo Central de los Picos de Europa-Cantabria). Cuaternario y Geomorfología. 18: 3-4.

Serrano E & Rubio V. 1989. El glaciar rocoso activo de las Argualas, Pirineo Aragonés. Ería: Revista cuatrimestral de geografía. 19: 195-198.

Serrano E, González-Amuchastegui M J & Ruiz-Flaño P. 2009. Gestión ambiental y geomorfología: valoración de los lugares de interés geomorfológico del Parque Natural de las Hoces del Alto Ebro y Rudrón. Cuaternario y Geomorfología. 23(3-4): 65-82.

Tanarro L M & Muñoz J. 2010. La evolución geomorfológica de las hoces del Duratón en el macizo calcáreo de Sepúlveda (Segovia, España). Cuaternario y Geomorfología. 24(1-2): 113-134.

Tanarro L M, Palacios D, Zamorano J J & Gómez A. 2010. Cubierta nival, permafrost y formación de flujos superficiales en el talud detrítico de alta montaña (Corral del Veleta, Sierra Nevada. España). Cuadernos de Investigación Geográfica. 36(2): 39-59.

Twidale C R & Centeno J D. 1993. Landform development at the Ciudad Encantada, near Cuenca, Spain. Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe. 18: 257-269.

Valcárcel Díaz M. 1998. Evolución geomorfológica y dinámica de las vertientes en el NE de Galicia. Importancia de los procesos de origen frío en un sector de las montañas lucenses. Tesis doctoral inédita. Universidade de Santiago de Compostela. Inédita.

## **Bibliografía adicional de interés**

Baena-Extremera A, Granero-Gallegos A, Luque P & Rebollo S. 2012. Análisis de las medidas de impacto ambiental en los Raids de aventura en España. Interciencia. 37(10): 729-735.

Ballantyne C K & Harris C. 1994. The Periglaciation of Great Britain. Cambridge University Press. Cambridge. 330 pp.

Ballantyne C K. 1998. Age and significance of mountain-top detritus. Permafrost and Periglacial Processes. 9: 327-345.

Barron S J, Delaney A, Perrin P M, Martin J R & O'Neill F H. 2011. National survey and assessment of the conservation status of Irish sea cliffs. Irish Wildlife Manuals. Nº. 53. National Parks and Wildlife Service, Department of the Environment, Heritage and Local Government, Dublin.

Beltrán E & Dóniz J. 2009. 8320 Campos de lava y excavaciones naturales. 124 pp. En: VV.AA. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.



- Berthling I. 2011. Beyond confusion: Rock glaciers as cryo-conditioned landforms. *Geomorphology*. 131(3-4): 98–106.
- Boelhouwers J C. 1999. Relict periglacial slope deposits in the Hex River Mountains, South Africa: observations and palaeoenvironmental implications. *Geomorphology*. 30(3): 245-258.
- Dóniz J & Coello E. 2007. Geomorfología del tubo volcánico de Montaña del Castillo (Tenerife, Canarias, España). *Cuaternario y Geomorfología*. 21(3-4): 149-154.
- Dóniz J & Romero C. 2007. Gully erosion on cinder cones of Tenerife (Canary Islands, Spain). pp. 40-41. En: Casalí J & Giménez R (eds.) *Progress in gully erosion research*. Universidad Pública de Navarra. Pamplona.
- Esposito F, Rufino G, Accardo D & Moccia A. 2007. 1<sup>st</sup> Mini-UAV Avionics and Integrated Electro-Optical Payload Assessment. IV Simposio sulle Tecnologie Avanzate – Nuovi Orizzonti Teorici e Applicativi, Roma.
- Francou B. 1977. La «moraine de névé» du Lautaret: nouvelle interprétation. *Bulletin de l'Association de géographes français*. 54(445): 247-253.
- Frauenfelder R & Käab A. 2000. Towards a palaeoclimatic model of rock-glacier formation in the Swiss Alps. *Annals of Glaciology*. 31(1): 281-286.
- French H M. 2007. *The periglacial environment*. Third edition. John Wiley and Sons Ltd. Chichester.
- Frochoso M & Castañón J C. 1986. La evolución del alto valle del Duje durante el Cuaternario (Picos de Europa, NW España). *Ería: Revista cuatrimestral de geografía*. 11: 193-209.
- García M B, Goñi D, Guzmán D, Iriondo J M, Cosculluela J, Puente J, Alcántara M & Guiral J. 2007. ¿Cómo gestionar una planta prácticamente inaccesible y en peligro de extinción?. *Ecosistemas*. 16(3): 155-162.
- Godard A. 1977. *Pays et paysages du granite: introduction à une géographie des domaines granitiques* (Vol. 21). Presses universitaires de France.
- Goñi D, García M B & Guzmán D. 2006. Métodos para el censo y seguimiento de plantas rupícolas amenazadas. *Pirineos*. 161: 33-58.
- Haeberli W, Hallet B, Arenson L, Elconin R, Humlum O, Käab A Kaufmann V, Ladanyi B, Matsuoka N, Springman S, & Mühll D V. 2006. Permafrost creep and rock glacier dynamics. *Permafrost and periglacial processes*. 17(3): 189-214.
- Käab A, Frauenfelder R & Roer I. 2007. On the response of rockglacier creep to surface temperature increase. *Global and Planetary Change*. 56(1–2): 172–187.
- Pellitero R, González-Amuchastegui M J, Ruiz-Flaño P & Serrano E. 2011. Geodiversity and geomorphosite assessment applied to a natural protected area: the Ebro and Rudron Gorges Natural Park (Spain). *Geoheritage*. 3(3): 163-174.
- Peña J L, Longares L A & Espinalt M. 2000. *Paisajes naturales de la provincia de Teruel. Conocer Teruel, Guías temáticas*, Instituto de Estudios Turolenses. Teruel. 240 pp.
- Pérez-Alberti A, Gomes A, Trenhaile A S, Oliveira M & Horacio J. 2013. Correlating river terrace remnants using an Equotip hardness tester: An example from the Miño River, northwestern Iberian Peninsula. *Geomorphology*. 192: 59-70.



Portal C. 2010. Reliefs et patrimoine géomorphologique. Applications aux parcs naturels de la façade atlantique européenne. Tesis doctoral Université de Nantes, 436 pp. <http://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00537350/fr/>.

Růžička V, Zacharda M, Němcová L, Šmilauer P & Nekola J C. 2012. Periglacial microclimate in low-altitude scree slopes supports relict biodiversity. *Journal of Natural History*. 46(35-36): 2145-2157.

Trenhaile A S & Lakhan V C. 2011. Transverse micro-erosion meter measurements; determining minimum sample size. *Geomorphology*. 134(3): 431-439.

Washburn A L. 1979. *Geocryology*. Edward Arnold. London.

White S E. 1976. Rock glaciers and blockfields. Review and new data. *Quaternary Research*. 6: 77-97.

Wilson P, Bentley M J, Schnabel C, Clark R & Xu S. 2008. Stone run (block stream) formation in the Falkland Islands over several cold stages, deduced from cosmogenic isotope ( $^{10}\text{Be}$  and  $^{26}\text{Al}$ ) surface exposure dating. *Journal of Quaternary Science*. 23(5): 461-473.