

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA APLICADO A LA GESTIÓN DE MINAS Y CUEVAS TURÍSTICAS DE LA UNIÓN EUROPEA

GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM APPLIED TO THE MANAGEMENT OF MINES AND TOURIST CAVES FROM EUROPEAN UNION

L. Sanmiquel⁽¹⁾; D. Parcerisa⁽²⁾; P. Alfonso⁽³⁾; J. Oliva⁽⁴⁾; C. Vintró⁽⁵⁾; M. Freijó⁽⁶⁾; M. Bascompte⁽⁷⁾; J.M. Mata⁽⁸⁾

^(1,2,3,4,7,8) Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales, Universidad Politécnica de Catalunya. Avenida Bases de Manresa 61-73 08242 Manresa, Barcelona. sanmi@emrn.upc.edu, dparcerisa@emrn.upc.edu, pura@emrn.upc.edu, josep@emrn.upc.edu, mbascomptem@gmail.com, mata@emrn.upc.edu

⁽⁵⁾ Departamento de Organización de Empresas, Universidad Politécnica de Catalunya. Avenida Bases de Manresa 61-73 08242 Manresa, Barcelona. carla.vintro@upc.edu.

⁽⁶⁾ Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Politécnica de Catalunya. Avenida Bases de Manresa 61-73 08242 Manresa, Barcelona. freijo@ee.edu.

RESUMEN:

El objetivo principal de este estudio es el de la realización de un SIG de todas las actividades subterráneas turísticas (minas, cuevas, búnkeres, catacumbas,...) de la Unión Europea (UE) en el año 2012, que tienen una página web y/o correo electrónico operativos, de cara a poder facilitar la gestión de distintos parámetros (seguridad y medio ambiente esencialmente) del conjunto de actividades indicadas.

La idea de realizar este trabajo surgió a raíz del proyecto europeo Undersafe financiado por la Unión Europea en el 7th Framework Programme, donde el Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales (DEMRN) de la Universidad Politécnica de Catalunya (UPC) está colaborando desde el año 2011.

Uno de los primeros aspectos en qué participó el equipo de profesores del DEMRN fue en el estudio de mercado de las actividades subterráneas turísticas existentes en la UE. Para ello tuvo que recopilar toda la información que había disponible por Internet, así como toda la información que pudo extraer de las encuestas en línea enviadas a través de la hoja de cálculo Google Docs a 862 actividades subterráneas turísticas europeas.

A partir de aquí surgió la idea de crear un SIG vectorial que relacionara la información temática de las distintas actividades con su información geográfica o espacial, favoreciendo la gestión de estas actividades a nivel europeo. Este SIG podrá ser utilizado como fundamento de futuros estudios ambientales, económicos, seguridad,...

ABSTRACT:

The main objective of this study is the realization of a GIS of all the underground tourist activities (mines, caves, bunkers, catacombs, ...) of the European Union (EU) in 2012, that have a website and/or operating email, in order to facilitate the management of various parameters (safety and environment essentially) of all indicated activities.

The idea of the present study arose by Undersafe European project funded by the European Union in the 7th Framework Programme, where the Department of Mining Engineering and Natural Resources (DEMNR) of the Polytechnic University of Catalonia (UPC) is working since 2011.

One of the first things in which has participated the department was in the market survey of underground tourist activities in the EU. It had to gather all the information that was available online, and any information that might be drawn from online surveys sent through the Google Docs spreadsheet to 862 European underground tourist activities.

From here came the idea of creating a GIS for to relate the thematic information of the different activities with their geographical or spatial information, promoting the management of these activities at European level. The GIS can be used as a basis for future environmental studies, economic, safety, etc.

1. INTRODUCCIÓN

Un Sistema de Información geográfica (SIG) se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos (Santos, 2004). Una de las características más importantes de los SIG está que el manejo de la información gráfica y alfanumérica se realiza de forma integrada, pudiendo abordar de este modo aspectos de alta complejidad relacional en el tema planteado.

La base de datos espacial de un SIG es una representación digital del mundo real en base a objetos discretos. Por ello, es imprescindible que la información geográfica sea adaptada a un formato digital. Esta adaptación tiene que englobar tanto la componente temática como la componente espacial que toda información geográfica contiene. La forma adecuada de procesar los datos geográficos digitalmente, es a través de un modelo de datos (Gutiérrez y Gould, 1994) y (Peña, 2006). Los 2 grandes modelos de datos son el modelo vectorial y el modelo raster. El modelo vectorial es el que permite relacionar grandes cantidades de información temática a los datos espaciales o gráficos. Es por ello el sistema que se utiliza preferentemente para la gestión de datos en un proyecto determinado. En el caso del presente estudio en la gestión de datos de cuevas y minas turísticas de la Unión Europea. Ello puede permitir la obtención de distintos tipos de mapas temáticos en función de las condiciones que se establezcan.

El mes de septiembre de 2013 acabará el proyecto europeo Undersafe financiado por la Unión Europea en el 7th Framework Programme, en el que ha participado el Departamento de Ingeniería Minera y Recursos Naturales de la Universidad Politécnica de Catalunya, el Centro de Innovación Innowacja Polska de Polonia, que actúa de coordinador y la empresa de R+D EDMA Innova de Girona. Este proyecto ha consistido en desarrollar un sistema electrónico basado fundamentalmente en un conjunto de sensores inalámbricos, económicos, fáciles de instalar y sobretodo de adaptarse de una forma sencilla y funcional a las distintas tipos de instalaciones subterráneas destinadas a fines turísticos (cuevas, minas, catacumbas, búnqueres,...) Estos sensores son capaces de detectar una serie de parámetros y enviar las señales correspondientes a una unidad central donde se procesa la información a

través de un software que se ha desarrollado en el proyecto. Los parámetros a detectar son: temperatura, ruido, gases, ventilación, condiciones ambientales diversas, movimientos lentos de paramentos, pisos y techos de galerías,... en el ámbito de instalaciones subterráneas de la UE destinadas a fines turísticos. Cabe indicar también, que el producto desarrollado es capaz de controlar la situación de personas dentro de una determinada actividad aumentando la seguridad del visitante y profesionales, al estar en un entorno permanente monitorizado. Actualmente hay productos, que hacen por separado una o varias de las cosas indicadas, tanto en la minería convencional como en cuevas turísticas (Sondag *et al.*, 2003). Se trata sin embargo, de productos caros que las empresas que gestionan actividades subterráneas turísticas no pueden pagar a diferencia de las empresas mineras convencionales. Uno de los aspectos en que ha participado el equipo de la UPC es en el estudio de mercado. Este estudio ha constado de 4 fases:

- ✓ Una primera fase, en la que se llevó a cabo una búsqueda por internet de actividades subterráneas dedicadas al turismo, principalmente cuevas y minas, a nivel de la Unión Europea. Concretamente, se encontraron 461 cuevas, 364 minas y 37 actividades subterráneas diversas como búnkeres, iglesias, hoteles,... visitables.
- ✓ Una segunda fase en la que se elaboró una encuesta y se envió a todas las actividades indicadas encontradas abiertas al público y que disponían de como mínimo correo electrónico de contacto. Esta encuesta se elaboró en varios idiomas y la finalidad de la encuesta era la de conocer de una forma más precisa las necesidades en temas de seguridad, así como las características físicas de las actividades subterráneas. Esta encuesta se diseñó de tal forma que resultase corta y con respuestas rápidas. Para realizar y enviar la encuesta se optó por la hoja de cálculo Google Docs. El enlace para acceder a la encuesta fue enviada por correo electrónico y respondida por 77 actividades, sobre una población inicial de 825 minas y cuevas turísticas europeas. Esto supuso un 9,3% de respuestas sobre la población total de cuevas y minas identificadas a las que se envió la encuesta.
- ✓ Una tercera fase consistió en el análisis de las respuestas recibidas de la encuesta enviada. Este análisis puso de manifiesto aspectos que inicialmente no se habían tenido en cuenta como por ejemplo el control de los niveles de gas de radón en las minas y cuevas. El contenido de este gas puede ser importante en algunas cuevas y es importante su detección (Lario *et al.*, 2005; Sainz *et al.*, 2007; Vaupotič, 2008).
- ✓ Una cuarta fase, llevada a cabo hacía la parte final del proyecto que consistió en controlar y asegurar que las 825 cuevas y minas fueran actividades abiertas al público y con datos de contacto correctos (correo electrónico, página web y teléfono). También la finalidad de esta fase fue extraer la máxima información posible de las páginas web de las actividades.

El resultado de este control fue la eliminación de 259 actividades porque o bien se pudo comprobar que estaban clausuradas o bien porque sus datos de contacto no eran correctos y no se podía establecer ningún tipo de contacto. Como resultado de esta revisión las 825 actividades identificadas inicialmente pasaron a 602.

En la tabla 1 puede observarse la distribución de cuevas y minas por países.

País	Nº minas	Nº cuevas
Alemania	95	63
Austria	21	25
España	21	62
Francia	20	91
Reino Unido	14	18
Suecia	14	6
Polonia	11	9
Bélgica	10	13
República Checa	4	15
Eslovenia	3	14
Dinamarca	2	0
Irlanda	2	3
Portugal	2	10
Rumania	2	1
Estonia	1	0
Finlandia	1	0
Holanda	1	0
Hungría	1	2
Italia	1	21
Croacia	0	13
Malta	0	1
Luxemburgo	0	1
Bulgaria	0	8
Total	226	376

Tabla 1: Distribución de cuevas y minas turísticas por países de la UE

2. POBLACIÓN Y MÉTODOLÓGÍA

2.1 POBLACIÓN

La población del presente estudio está constituida por la información obtenida en la revisión de las distintas páginas web de las 602 minas y cuevas turísticas de la UE, así como en parte de la información obtenida de las 77 respuestas de la encuesta enviada a las 825 minas y cuevas turísticas.

Con la revisión de las páginas web llevada a cabo en la cuarta fase indicada en el apartado anterior se pudo obtener más información de las actividades como la longitud de galerías, visitantes por año, temperatura máxima y mínima, existencia o no de red eléctrica,... Cabe resaltar que hasta que no se completó

la fase cuarta, los aspectos indicados sólo se disponía de 77 actividades (las que respondieron la encuesta).

Si tenemos en cuenta que la población operativa de actividades subterráneas dedicadas al turismo en la UE ha pasado de 825 a 602 por la revisión que se ha llevado a cabo, entonces el nuevo porcentaje de actividades que respondieron la encuesta es del 12,8%, en lugar del 9,3% inicial.

2.2 METODOLOGÍA

Partiendo de los datos indicados en el apartado anterior se ha creado un SIG vectorial que integra 2 capas temáticas diferenciadas: por un lado las minas, y por otro lado las cuevas. Las bases de datos de las 2 capas temáticas son ligeramente distintas, puesto que hay algunos aspectos distintos entre las cuevas y las minas. Por ejemplo, en las minas interesa conocer el recurso o recursos mineros que se explotaron en su día, la fecha de clausura de la mina,... En cambio en las cuevas interesa conocer la litología más importante de los paramentos, techos y pisos de las galerías, la fecha de descubrimiento,...

La base de datos de la capa informativa de las minas turísticas tiene los siguientes campos:

Código, Nacionalidad, Nombre de la actividad, Longitud de la actividad, Profundidad, de la actividad, Visitantes anuales, Temperatura mínima en °C, Temperatura máxima en °C, Máxima capacidad de visitantes al mismo tiempo, Instalación eléctrica en la actividad subterránea, Posibilidad de visitar la actividad sin guía, Cantidad de personal de la atracción, Elementos especialmente sensibles o de relevancia, Ocurrencia de accidentes en la actividad, Cantidad de accidentes, Recurso explotado 1, Recurso explotado 2, Recurso explotado 3, Latitud, Longitud, Cierre de la actividad minera, Apertura como actividad turística, Inicio de la actividad minera, Restricción de entrada.

La base de datos de la capa informativa de las cuevas turísticas tiene los siguientes campos:

Código, Nacionalidad, Nombre de la actividad, Longitud de la actividad, Profundidad de la actividad, Visitantes anuales, Temperatura mínima en °C, Temperatura máxima en °C, Máxima capacidad de visitantes al mismo tiempo, Instalación eléctrica en la actividad subterránea, Posibilidad de visitar la actividad sin guía, Cantidad de personal de la atracción, Elementos especialmente sensibles o de relevancia, Ocurrencia de accidentes en la actividad, Cantidad de accidentes, Litología, Latitud, Longitud, Apertura turística, Descubrimiento, Restricción de entrada.

2.2.1 Definición de los parámetros o campos

El redondeo de los valores obtenidos sigue el siguiente criterio: cuando un parámetro es igual o mayor a 0,5 se redondea hacia arriba, mientras que si el valor es inferior a 0,5 se redondea hacia abajo. Este criterio se ha utilizado para

los siguientes parámetros: Profundidad, longitud, temperatura mínima y temperatura máxima.

La datación de las actividades se ha hecho cuidadosamente, contrastando las fechas con varias fuentes. En caso contrario no se tuvo en cuenta.

- Código: Se trata de un parámetro creado con el objetivo de identificar las actividades de forma más fácil. El código establecido es MinaXXX o CuevaXXX, dando un número para cada actividad.
- Nacionalidad: Nacionalidad de cada actividad.
- Nombre de la actividad: Nombre de la mina o cueva con el cual se conoce. Muchas veces la actividad tiene más de un nombre, en este caso se ha escogido el más habitual en internet.
- Longitud de la actividad: Significa la distancia longitudinal de galerías visitables. Normalmente las actividades tienen una longitud superior, pero no se tuvo en cuenta.
- Profundidad de la atracción: Diferencia vertical entre la entrada de la actividad y la parte más profunda de la ruta turística. Normalmente las actividades tienen una profundidad superior, pero no se tuvo en cuenta.
- Visitantes anuales: Cantidad de visitantes al año. En más de un caso las actividades subterráneas tienen un museo anexionado. Cuando los datos lo han permitido se han discriminado los visitantes del museo con los de la actividad subterránea. En otros casos sólo hay la cantidad acumulada de visitantes desde su apertura, en este caso se ha dividido la cantidad total con el número de años en activo de la actividad.
- Temperatura mínima: Temperatura más baja registrada dentro de la actividad en °C.
- Temperatura máxima: Temperatura más alta registrada dentro de la actividad en °C.
- Capacidad máxima de visitantes al mismo tiempo: Cantidad total de visitantes capaces de visitar la actividad al mismo tiempo debido a restricciones propias.
- Presencia de instalación eléctrica: Presencia de instalación eléctrica a lo largo del recorrido turístico, con la capacidad de enchufar aparatos eléctricos.
- Posibilidad de visitar la actividad sin guía: Posibilidad de visitar la actividad por uno mismo, sin personal de la atracción y con o sin audio-guía.
- Ocurrencia de accidentes: este campo indica si la actividad ha sufrido algún tipo de accidente o no.
- Actividades que han sufrido accidentes: Número de accidentes registrados o conocidos por la actividad.
- Cantidad de personal de la atracción: Número trabajadores directos de la mina o cueva turística.
- Litología: Parámetro del archivo de cuevas. Roca encajante de la cueva, especificando su mineralogía.
- Recurso explotado 1: Parámetro del archivo de minas. Se trata de la mena principal durante la explotación de la actividad minera.
- Recurso explotado 2: Parámetro del archivo de minas. Otras menas minerales explotadas durante el tiempo que estuvo abierta la mina.
- Recurso explotado 3: Parámetro del archivo de minas. Otras menas minerales explotadas durante el tiempo que estuvo abierta la mina.
- Latitud: Coordenadas verticales de un sistema geográfico de coordenadas. Se ha utilizado el sistema WGS84.

- Longitud: Coordenadas horizontales de un sistema geográfico de coordenadas. Se ha utilizado el sistema WGS84.
- Cierre de la actividad minera: Parámetro del archivo de minas. Se trata de la fecha en que se llevó a cabo el cierre de la explotación minera. A veces las actividades mineras tienen más de una fecha de cierre durante su historia. En este caso se ha escogido la fecha más tardía.
- Apertura como actividad turística: La fecha en que la mina se transformó a actividad turística o la cueva inició las visitas. En el caso de tener más de una fecha, se ha escogido la primera.
- Descubrimiento: Parámetro del archivo cuevas. La fecha en que se descubrió. Cuando hay varias fechas, se ha escogido la fecha de la primera exploración de la cueva, no solo la de su mención.

2.2.2 Obtención de los datos

Para todas aquellas actividades que no respondieron la encuesta que en su día se envió (sólo respondieron la encuesta 61 actividades), se hizo una búsqueda de más información a través de Internet. El objetivo era poder tener información del mayor número posible de minas y cuevas turísticas. Para ello se llevaron a cabo los siguientes pasos:

1. Utilización del buscador Google.
2. Introducción del nombre de la actividad a buscar.
3. Encontrar los parámetros a través de páginas web.
4. Contrastación de la información encontrada entre varias páginas web.
5. Utilización del programa Google Earth para encontrar las coordenadas de las actividades.

Tal como se ha indicado anteriormente, a partir de la información obtenida de la forma indicada, y de la información existente del proyecto Undersafe; se crearon con el EXCEL 2 archivos (uno de minas y el otro de cuevas) con toda la información obtenida. Seguidamente se exportó toda la información estructurada en los 2 archivos EXCEL al programa ArcGIS versión 10.1.

Una vez la información estuvo correctamente entrada en el ArcGis se pudo llevar a cabo la realización de distintos tipos de mapas, obtención de medianas, porcentajes, selección de información a partir de determinadas condiciones,...

3. RESULTADOS

A continuación se indican las tablas y mapas que se han podido obtener a partir del análisis de los datos de las 602 actividades turísticas (376 cuevas y 226 minas), de parte de la información de las respuestas de la encuesta, y de las operaciones realizadas con el SIG creado de las actividades subterráneas turísticas indicadas.

En la tabla 2 y 3 pueden observarse los parámetros medios obtenidos a partir de los datos que se han podido analizar de las actividades en las que se ha podido conocer la información en cuestión:

Parámetro	Valor Medio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Población	%
Longitud de la cueva (m)	748	8000	8	269	71,5
Profundidad de la cueva (m)	69	420	3	117	31,1
Visitantes por año	72003	900000	50	127	33,8
Temperatura mínima (°C)	11,3	21	-15	106	28,2
Temperatura máxima (°C)	12,1	25	3	109	29,0
Cantidad de personal de la cueva	9	36	1	40	10,6
Capacidad máxima de visitantes al mismo tiempo	87	500	3	55	14,6
Instalación eléctrica (%)	32,7%			136	36,2
Presencia de elementos de relevancia o especialmente sensibles	77,5%			40	10,6
Actividades que han sufrido uno o más accidentes	13%			39	10,4

Tabla 2: Parámetros medios y porcentajes obtenidos de las cuevas turísticas de la UE

Parámetro	Valor Medio	Valor Máximo	Valor Mínimo	Población	%
Longitud de la mina (m)	790	8000	30	124	54,9
Profundidad de la mina (m)	131	1000	8	62	27,4
Visitantes por año	100209	1200000	18	40	17,7
Temperatura mínima (°C)	9,6	30	2	92	40,7
Temperatura máxima (°C)	10,7	30	2	92	40,7
Cantidad personal de la mina	6	30	1	15	6,6
Capacidad máxima de visitantes al mismo tiempo	66	500	5	29	12,8
Instalación eléctrica	167%			187	82,7
Presencia de elementos de relevancia o especialmente sensibles	47%			17	7,5
Actividades que han sufrido uno o más accidentes	4%			18	8,0

Tabla 3: Parámetros medios y absolutos obtenidos de las minas turísticas de la UE

En las tablas 4 y 5, y gráficos 1 y 2 se indican el número de minas y cuevas en función del recurso minero principal que se explotó cuando la mina estaba activa, y la litología principal de los paramentos, techos y pisos de las galerías de las cuevas turísticas.

Recurso Minero explotado	Nº	%
Aluminio	2	0,9
Arenisca	1	0,5

Barita	1	0,5
Caliza	9	4,3
Carbón	37	17,5
Cobalto	2	0,9
Cobre	21	10,0
Estaño	6	2,8
Florita	3	1,4
Gemas	1	0,5
Hierro	35	16,6
Magnesio	1	0,5
Manganeso	3	1,4
Mercurio	4	1,9
Oro	4	1,9
Pegmatita	1	0,5
Petróleo	1	0,5
Pizarra	6	2,8
Plata	32	15,2
Plomo	17	8,1
Potasa	3	1,4
Sal	11	5,2
Tungsteno	2	0,9
Uranio	4	1,9
Variscita	1	0,5
Yeso	3	1,4
Total	211	100,00

Tabla 4: Recurso minero explotado en las minas turísticas de la UE

Recurso Minero Explotado

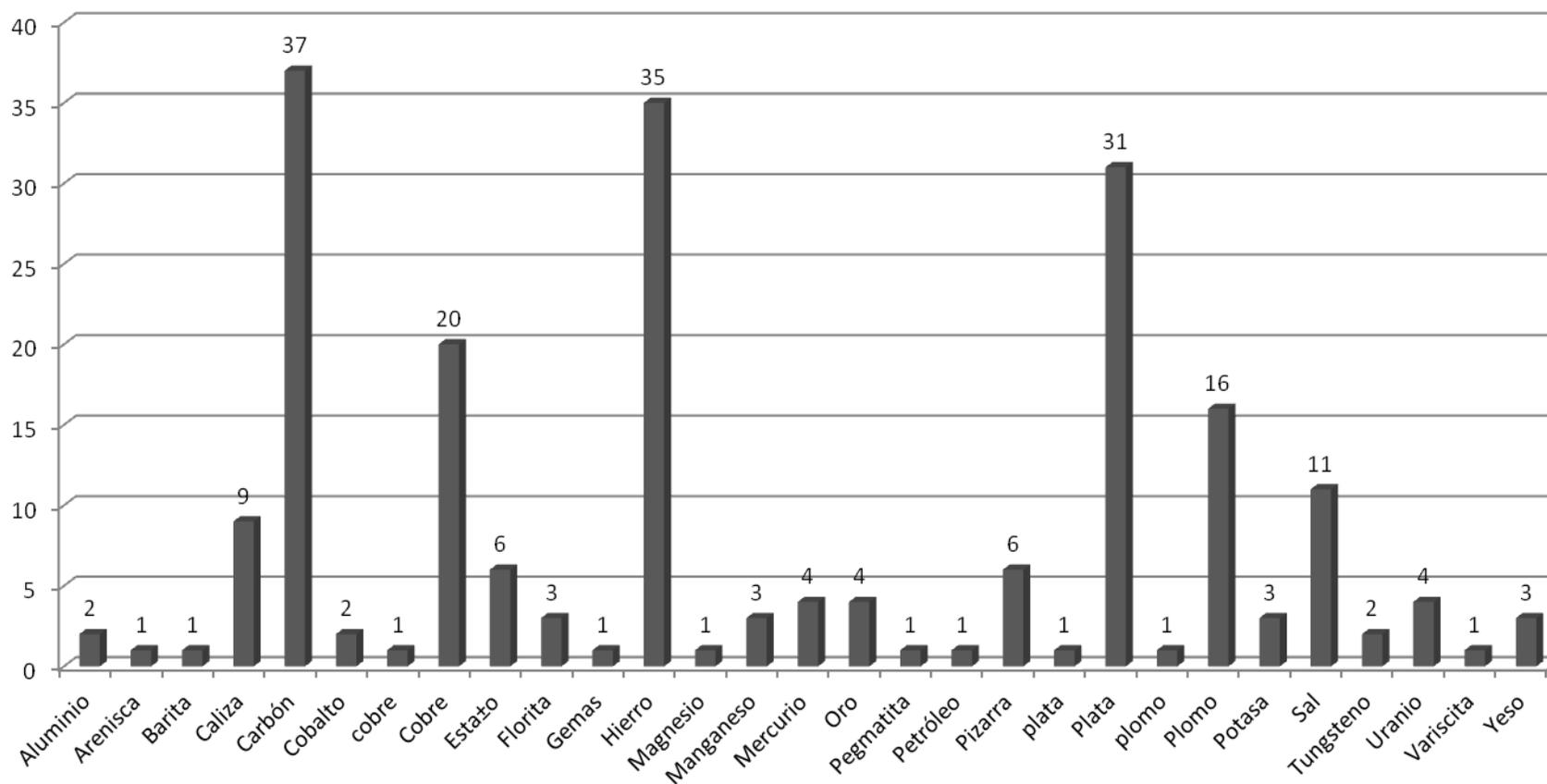


Gráfico1: Recurso minero explotado en las minas turísticas de la UE

Litología	Nº	%
Arenisca	7	2,0
Basalto	9	2,5
Caliza	332	93,3
Conglomerado	2	0,6
Dolomita	3	0,8
Pizarra	1	0,3
Yeso	2	0,6
Total	356	100,0

Tabla 5: Litología encajante en las cuevas turísticas de la UE

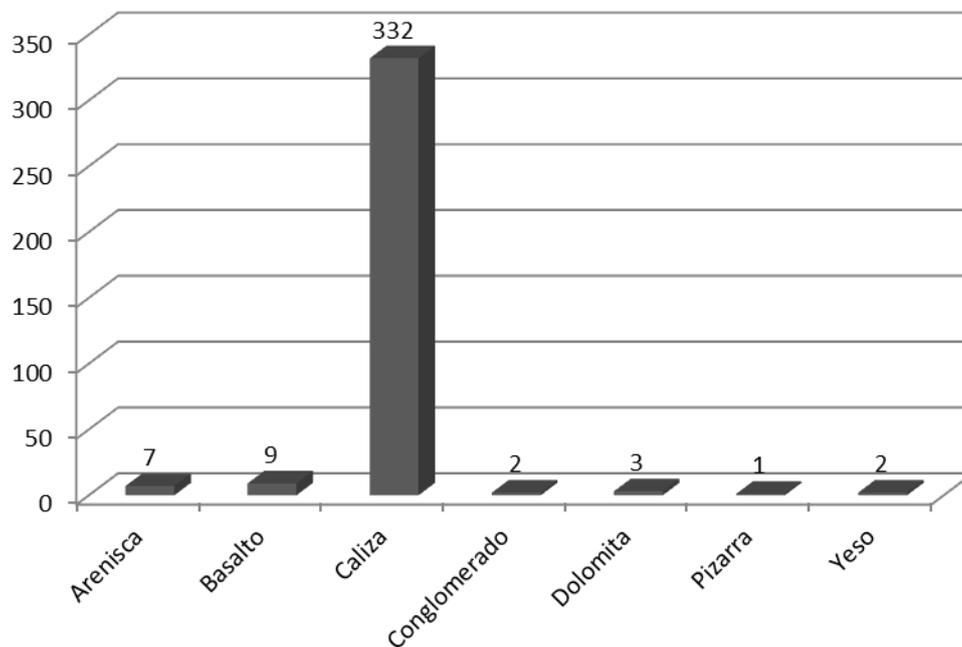


Gráfico 2: Litología encajante en las cuevas turísticas de la UE

En las tablas 6 y 7 se muestran las actividades clasificadas por períodos temporales de apertura al público, así como indicación de los 2 países con mayor número de aperturas.

Período	Nº minas turísticas abiertas	Primer país	Segundo país
Antes 1981	29	Alemania (11)	Reino Unido (3)
1981-1990	33	Alemania (13)	Francia (5)
1991-2000	52	Alemania (28)	Austria (7)
2001-2005	18	España (6)	Alemania (5)
2006-2013	12	España (5)	Alemania (5)

Tabla 6: Períodos de apertura de minas turísticas y países con mayor apertura

Período	Nº cuevas turísticas abiertas	Primer país	Segundo país
Antes 1981	193	Alemania (46)	Francia (44)
1981-1990	15	España (3)	Alemania (3)
1991-2000	18	España (5)	Portugal (3)
2001-2005	9	Francia (3)	España (2)
2006-2013	9	España (2)	Francia (2)

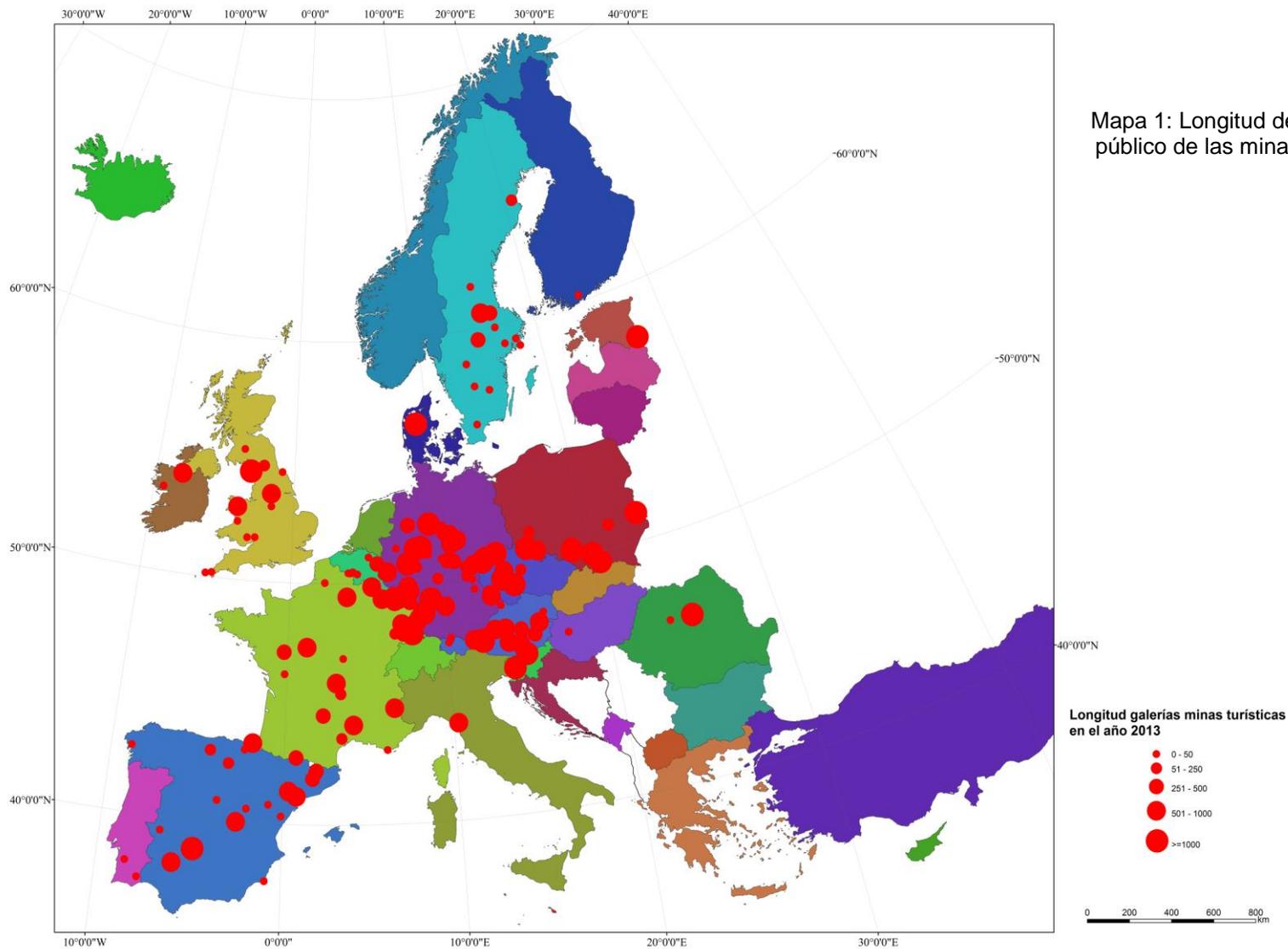
Tabla 7: Períodos de apertura de cuevas turísticas y países con mayor apertura

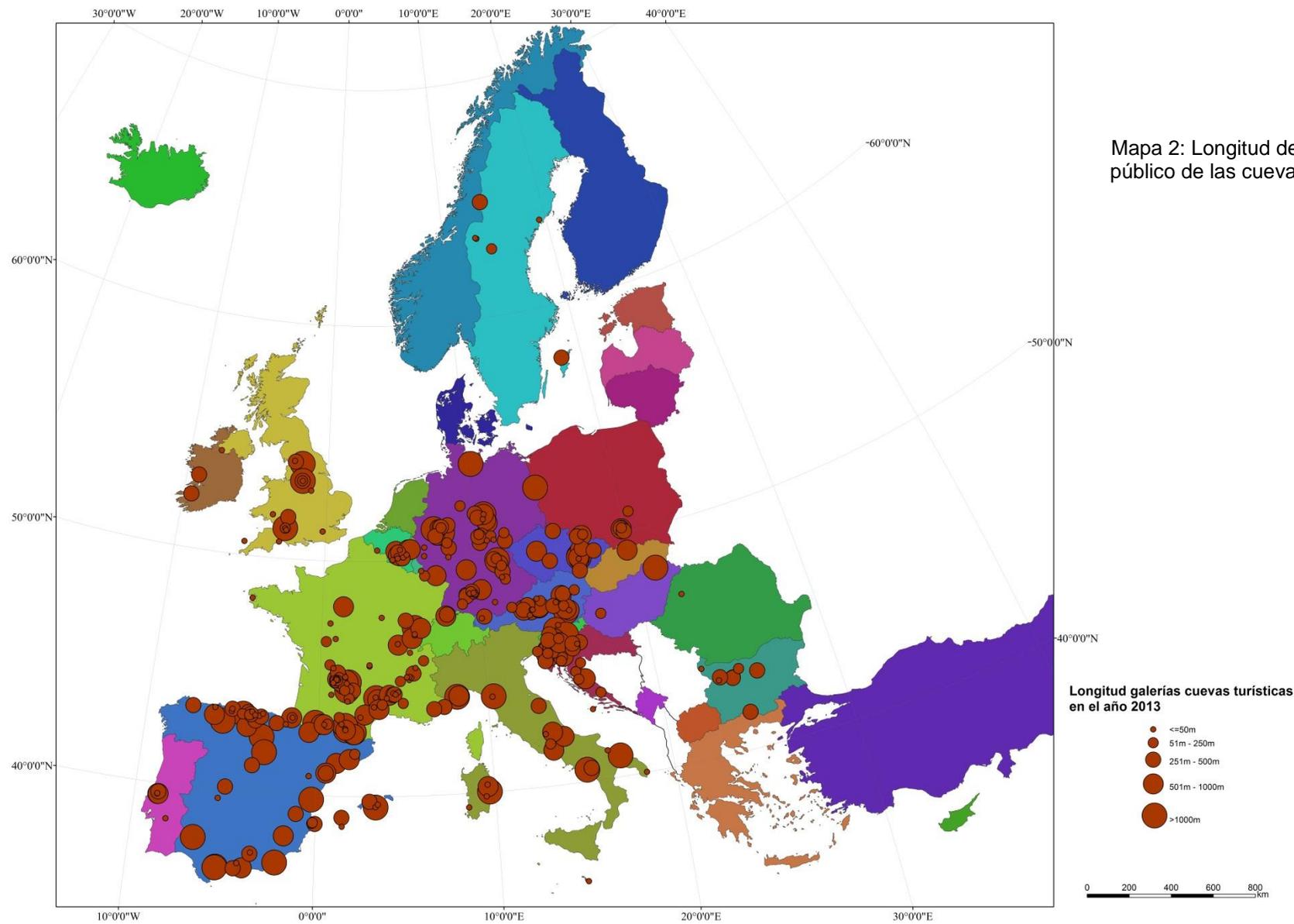
En la tabla 8 se indican las cuevas clasificadas por períodos temporales en función de su descubrimiento. También se muestran los 2 países con mayor número de descubrimientos.

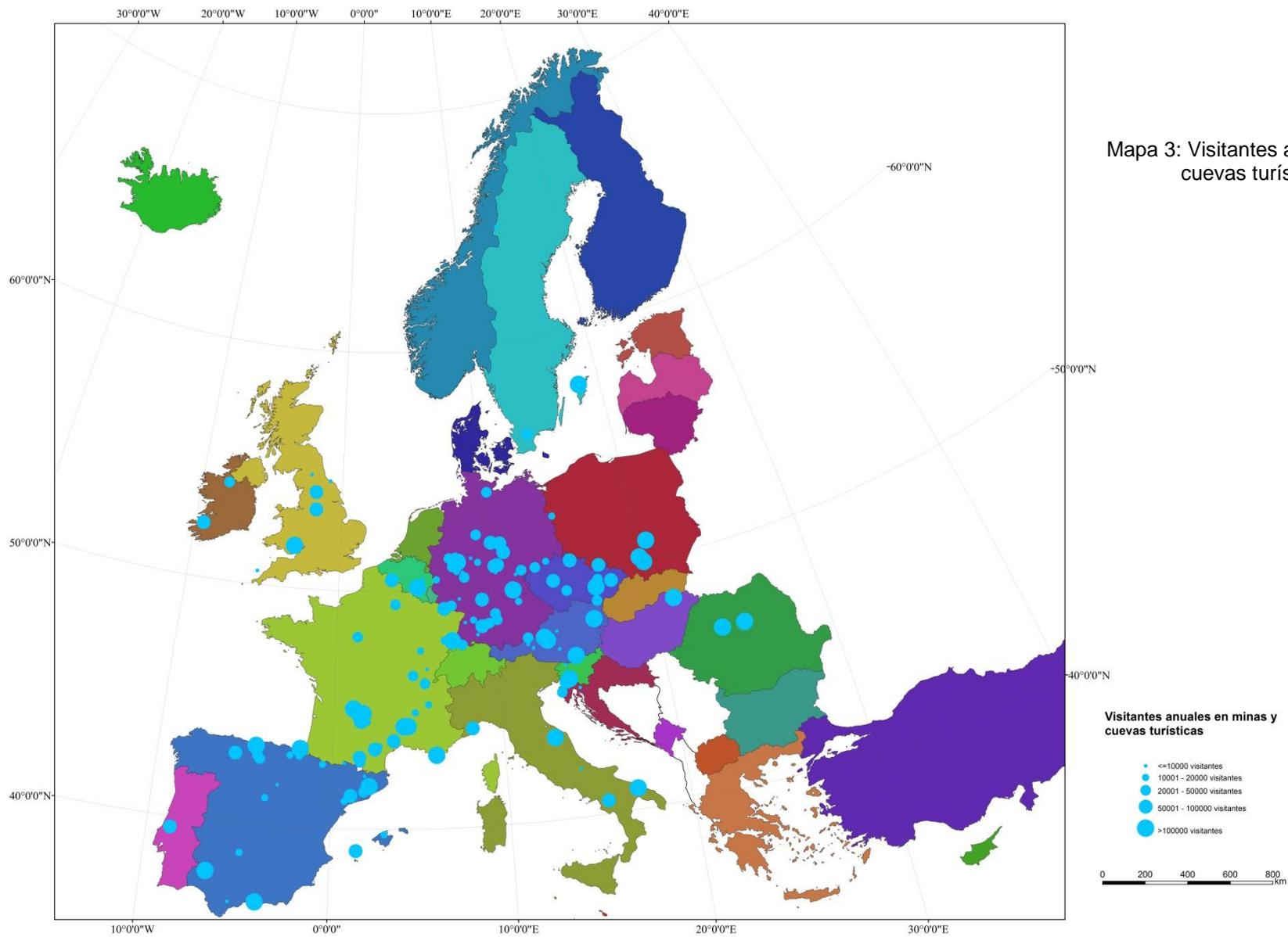
Período	Nº cuevas descubiertas	Primer país	Segundo país
Antes 1801	39	Alemania (16)	Francia (8)
1801-1900	94	Francia (27)	Alemania (22)
1901-1950	85	Francia (24)	España (13)
1951-2000	94	Francia (17)	España (16)
2001-2013	94	Francia (1)	

Tabla 8: Períodos de descubrimientos de cuevas y países con mayor nº descubrimientos

A parte de clasificar la información a partir de las condiciones que se definan, con un SIG se pueden crear con gran facilidad clases de mapas diferenciados en función de las condiciones que se impongan. Así, los 3 mapas siguientes dan información sobre una clasificación de las minas y cuevas en función de la longitud de galerías abiertas al público (mapas 1 y 2), y en función del número de visitantes anuales (mapa 3).







4. CONCLUSIONES

A partir de las tablas, gráficos y mapas obtenidos a partir del SIG elaborado con el software ArcGis versión 10.1 y del EXCEL se pueden deducir las siguientes conclusiones:

- La longitud media de las galerías visitables de las 269 cuevas turísticas en las que se ha podido conocer esta información es de 748 metros, mientras que el de las 124 minas es de 790 metros.
- La profundidad media de las galerías más profundas de las 117 cuevas con este dato conocido es de 69 metros, y el de las 62 minas es de 131 metros.
- El número medio de visitantes por año en las 127 cuevas con este dato conocido es de 72003 visitantes, mientras que en las 40 minas es de 100209.
- La temperatura mínima y máxima media en las cuevas con esta información (106 con temperatura mínima y 109 con temperatura máxima) es de 11,3°C y 12,1°C, respectivamente. Para las 92 minas con esta información la media de temperaturas mínimas y máxima es de 9,6°C y 10,7°C, respectivamente.
- El personal medio de las cuevas y minas con esta información es de 9 y 6 trabajadores, respectivamente.
- La capacidad media de visitantes al mismo tiempo para cuevas y minas con esta información conocida es de 87 y 66 visitantes, respectivamente.
- De las 211 minas turísticas con información sobre el recurso geológico-minero principal que se explotaba cuando la mina estaba activa, 127 (60,2%) explotaban recursos metálicos, 44 (20,9%) recursos energéticos, 26 (12,3%) sedimentarios y 14 (6,6%) a sales sódicas o potásicas.
- La litología encajante predominante en las cuevas turísticas es la caliza con 332 (93,3%) cuevas.
- En los años 90 fue cuando se abrieron al público mayor número de minas que en su momento habían cerrado su actividad normal. En total en este período empezaron su actividad turística 52 minas, mayoritariamente en Alemania y Austria.
- En cambio en las cuevas, estas abrieron al público predominantemente antes de los años 80. Concretamente, 193 cuevas (79,1%) con este dato conocido

abrieron al público antes del año 1981. Los países donde se abrieron mayor número de cuevas al turismo fueron Alemania y Francia.

- En los mapas 1, 2 y 3 se puede ver el resultado de gestionar los datos de las cuevas y minas turísticas introducidas en un SIG, a través del ArcGis versión 10.3 Puede observarse como se trata de mapas que dan información sobre el parámetro longitud de galerías visitables categorizado en 5 grupos o clases. También el parámetro referido al número de visitantes anuales, categorizado también en 5 grupos o clases.

AGRADECIMIENTOS

Quisiéramos dar nuestro agradecimiento a las 61 empresas titulares de minas y cuevas turísticas de la Unión Europea que han colaborado con el proyecto Undersafe por completar y enviarnos la encuesta que se puso a su disposición en su día.

BIBLIOGRAFÍA

Santos, J.M. 2004. Sistemas de Información Geográfica. Madrid: UNED.

Gutiérrez, J. y Gould, M. 1994. SIG: Sistemas de información geográfica. Madrid.

Peña, J. 2006. Sistemas de información geográfica aplicados a la gestión del territorio. Alicante.

Sondag, F., van Ruymbeke, M., Soubiès, F., Santos, R., Somerhausen, A., Seidel, A., Boggiani, P. 2003. Monitoring present day climatic conditions in tropical caves using an Environmental Data Acquisition System (EDAS). *Journal of Hydrology*, 273, 103-118.

Lario, J., Sánchez-Moral, S., Cañaveras, J.C., Cuezva, S., Soler, V. 2005. Radon continuous monitoring in Altamira Cave (northern Spain) to assess user's annual effective dose. *Journal of Environmental Radioactivity* 80, 161-174.

Sainz, C., Santiago Quindós, L., Fuente, I., Nicolás, J., Quindós, L. 2007. Analysis of the main factors affecting the evaluation of the radon dose in workplaces: The case of tourist. *Journal of Hazardous Materials*, 145, 368-371.

Vaupotič, J. 2008. Nanosize radon short-lived decay products in the air of the Postojna Cave. *Science of the Total Environment*, 393, 27-38.