

CONTRIBUCIÓN DE LOS SERVICIOS GEOLÓGICOS AL DESARROLLO DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

Contribution of Geological Surveys to Earth Science

José P. Calvo ()*

RESUMEN

Los Servicios Geológicos son organizaciones gubernamentales que tienen como objetivo básico la generación de infraestructura geocientífica. En su origen, la función central de los Servicios Geológicos fue la realización de cartografía dirigida a la investigación de materias primas minerales y otros recursos geológicos. En la última parte del siglo XX, muchos Servicios Geológicos han ampliado sus actividades a investigaciones relacionadas con los riesgos naturales y con muy variados problemas medio-ambientales. Estos trabajos se complementan con el mantenimiento de archivos y bases de datos, así como con la publicación de mapas, libros e informes, que contribuyen a la creación sistemática de conocimiento geocientífico del territorio y quedan a disposición de un amplio número de usuarios, tanto del sector académico, de las administraciones, del ámbito empresarial y del público en general.

ABSTRACT

Geological Surveys are government organizations that produce geoscientific information. Primarily, Geological Surveys were created to carry out geological mapping as a base for investigation of mineral raw materials and other geological resources. During the last part of the twentieth century many Geological Surveys have enlarged their investigations to geohazards and many other aspects related to environmental land issues. These activities are working out simultaneous with the maintenance of geoscientific archives and databases, publication of maps, books, reports and data packages about the survey work. All this systematic information is available to a large group of users from academia, administrations, companies and citizens in general.

Palabras clave: *Servicios Geológicos, información geocientífica, cartografía geológica.*

Keywords: *Geological Surveys, geoscientific information, geological mapping.*

INTRODUCCIÓN

Los diversos grupos de profesionales que trabajan en temáticas relacionadas con la Geología o, en general, con las Ciencias de la Tierra están familiarizados con el uso de mapas, revistas periódicas y publicaciones confeccionadas por el Servicio Geológico de su país y, en algunos casos, de un entorno territorial más específico (servicios geológicos regionales, de comunidad autónoma, estatales como en el caso de Estados Unidos, etc.). En nuestro país, este tipo de documentos es esencialmente el resultado de la actividad del Instituto Geológico y Minero de España, siendo las hojas del Mapa Geológico Nacional a escala 1:50.000 el producto de uso más extendido en el sector docente, investigador, en las administraciones, en empresas privadas y demás público.

Los Servicios Geológicos son organizaciones gubernamentales, generalmente de ámbito nacional, que tienen como objetivos centrales la creación de infraestructura geocientífica, en buena parte centrada en la confección de cartografía, y la generación de informes expertos preceptivos o me-

dante convenio o encomienda para las administraciones del país. En función de las particularidades de uno u otro Servicio Geológico, estas actividades van acompañadas de contribuciones al Sistema de Investigación y Desarrollo, de actividades relacionadas con la divulgación y difusión del conocimiento geológico y minero, de actuaciones de carácter internacional, etc.

La mayor parte de los países cuenta con su propio Servicio Geológico. En ocasiones, los organismos de carácter nacional se combinan con Servicios Geológicos regionales, como es el caso de Alemania e Italia. En España tenemos el ejemplo del Institut Geologic de Catalunya; en Navarra existe un departamento con cometidos similares aunque de dimensiones más reducidas.

Las características de los Servicios Geológicos de los diferentes países no son, sin embargo, homogéneas. Ni sus fuentes de financiación ni el porcentaje de presupuesto estatal es en todos los casos igual. Tampoco lo es el tamaño de su plantilla, ni en la relación de ésta con el total de la población o la superficie del país. Para subrayar aún más estas diferencias, baste señalar que la dependencia orgánica o

(*) Instituto Geológico y Minero de España, c/ Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.

adscripción a departamentos ministeriales no es la misma, variando de forma marcada entre unas y otras partes del mundo. Así, en América del Sur, la mayor parte de los Servicios Geológicos están adscritos a ministerios de Minería y Energía; el Servicio Geológico de Estados Unidos pertenece al Ministerio del Interior; en Europa, hay Servicios Geológicos adscritos a ministerios de Medio Ambiente, otros a Economía, otros, caso del IGME, a ministerios de Educación y Ciencia o similares de Ciencia y Tecnología. Ello introduce variaciones en el peso que tiene la investigación y los trabajos de infraestructura de conocimiento sobre unos u otros temas dentro de la actividad de los diferentes organismos.

HISTORIA DE LOS SERVICIOS GEOLÓGICOS

El primer caso conocido de financiación gubernamental a actividades geológicas se remonta a 1584, cuando, en Rusia, se creó un departamento destinado a regular e impulsar la prospección de yacimientos minerales de Siberia. A principios del siglo XVIII, esa organización dio lugar al Ministerio de Minería y, ya en 1883, se constituyó finalmente el Servicio Geológico de Rusia.

El primer Servicio Geológico constituido como organismo independiente fue, no obstante, el Servicio Geológico Británico (BGS, en sus siglas inglesas), cuya creación se remonta a 1835. El objetivo de la creación del Servicio Geológico Británico fue la producción de mapas geológicos a una escala suficientemente detallada (aproximadamente 1:50.000) del conjunto de Gran Bretaña, dándose especial importancia a las áreas con depósitos de

carbón. El equipo central de geólogos de campo fue apoyado por petrógrafos, mineralogistas, paleontólogos y geoquímicos. A partir de 1872, la actividad del BGS se amplió al campo de las aguas subterráneas y a partir de 1927 se introdujeron las técnicas de análisis geofísico.

Este breve resumen de las actividades del Servicio Geológico Británico sirve de ejemplo para mostrar la evolución de otros que se fueron creando en distintos países a lo largo del siglo XIX. En la Tabla 1 se indica la fecha de creación de los Servicios Geológicos de diversos países. Varios estados alemanes, Irlanda y Austria los constituyeron unos años después del de Gran Bretaña.

En nuestro país, el actual Instituto Geológico y Minero de España tiene sus orígenes en la constitución de la Comisión de la Carta Geológica de Madrid y General del Reino, en 1849. Es a partir de ese momento cuando se empieza a planificar la confección de cartografía geológica de forma sistemática. El primer programa general de cartografía para el conjunto del territorio nacional culminó, en 1889, con la publicación de los mapas geológicos provinciales a escala 1:400.000. Posteriormente se han llevado a cabo series cartográficas a escala 1:50.000, de las cuales la 2ª Serie, conocida como Plan MAGNA, ha concluido recientemente.

El desarrollo de las economías industriales de diversos países de Europa y Norteamérica durante la segunda mitad del siglo XIX llevó asimismo a la creación de Servicios Geológicos con el fin de producir mapas para la exploración de recursos naturales. Este mismo hecho se transfirió a muchas de las colonias o a los países resultantes de la independencia de éstas.

| | | |
|--------------------|---|------|
| Reino Unido | British Geological Survey | 1835 |
| Canadá (Federal) | Geological Survey of Canada | 1842 |
| Irlanda | Geological Survey of Ireland | 1845 |
| España | Instituto Geológico Minero de España | 1849 |
| Austria | Geologische Bundesanstalt | 1849 |
| India | Geological Survey of India | 1851 |
| Portugal | Instituto Geologico e Mineiro | 1852 |
| Noruega | Geological Survey of Norway | 1858 |
| Suecia | Geological Survey of Sweden | 1859 |
| Italia | APATI | 1867 |
| Francia | Bureau Recherches Géologiques et Minières | 1868 |
| Hungría | Geological Survey of Hungary | 1869 |
| Suiza | Swiss Hydrological and Geological Survey | 1872 |
| Alemania (Federal) | Bundesanstalt Geowissenschaften Rohstoffe | 1873 |
| Estados Unidos | United States Geological Survey | 1879 |
| Japón | Geological Survey of Japan | 1882 |
| Rusia | Geological Institute, Russian Academy of Sciences | 1883 |
| Finlandia | Geological Survey of Finland | 1885 |
| Dinamarca | Geological Survey of Denmark and Greenland | 1888 |
| Bélgica | Belgian Geological Survey | 1896 |
| Perú | Instituto Geológico Minero Metalúrgico | 1902 |
| Argentina | Servicio Geológico Minero Argentino | 1904 |
| Colombia | Instituto Colombiano de Geología y Minas | 1916 |

Tabla 1. Servicios Geológicos de diferentes países con indicación del año de su creación.

En América Central, Caribe y Sudamérica, la mayoría de los veinte Servicios Geológicos existentes en la actualidad se crearon en la primera parte del siglo XX. Muchos de ellos siguen teniendo como actividad principal el apoyo a la industria minera, al igual que sucede en muchos países de los continentes africano y asiático.

A finales del siglo XX, la apertura de fronteras y mercados que siguió a la caída del muro de Berlín produjo una fuerte modificación de las relaciones económicas internacionales, con un proceso global de liberalización que tuvo consecuencias importantes en muchos Servicios Geológicos, suponiendo una reducción de su personal y tareas hasta, en algunos casos, poner en peligro su misma existencia. En los países que pasaron de un modelo de economía planificada a un modelo de libre mercado, el papel de los Servicios Geológicos tuvo obviamente repercusiones en su estructura interna y en la prioridad de sus actividades.

FUNCIONES DE LOS SERVICIOS GEOLÓGICOS

Tal como se ha descrito anteriormente, el objetivo principal de los Servicios Geológicos es obtener e interpretar datos geocientíficos y hacer accesible esta información al dominio público. En términos generales, se señalan cinco tipos de tareas esenciales en estos organismos (Allen, 2005):

- Cartografía geológica del territorio emergido y de la plataforma continental. En muchos países llevan a cabo también proyectos de cartografía geoquímica, geofísica e hidrogeológica.
- Evaluación y asesoramiento sobre recursos minerales, energéticos, hidrogeológicos y otros relacionados con el territorio.
- Estudios de referencia sobre riesgos geológicos (volcánico, sísmico, estabilidad del terreno) y sobre aspectos ambientales.
- Mantenimiento de archivos y bases de datos geocientíficos.
- Publicación de mapas (Fig. 1), libros e informes.

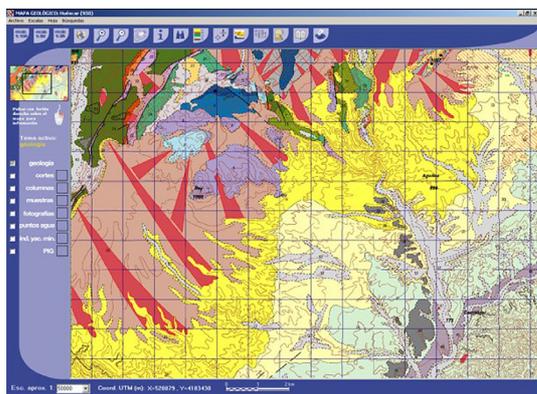


Fig. 1. Cartografía geológica a escala 1:50.000 (IGME).

Aunque en su origen la actividad de los Servicios Geológicos estuvo muy focalizada en la provisión de las bases de conocimiento necesarias para la obtención de materias primas minerales, esta prioridad ha ido variando en el tiempo. En particular, la reorganización política y económica mundial acaecida a finales del siglo XX condujo a un replanteamiento de su papel en lo que se refiere al sector minero. Es ilustrativa la indicación del Banco Mundial a los gobiernos africanos sobre el papel de sus Servicios Geológicos (Otto, 1995), en el sentido de que estos deberían centrarse en la creación de la infraestructura de conocimiento del territorio necesaria para responder a las necesidades de los inversores y no en acometer exploraciones detalladas, salvo las relacionadas con la minería artesanal; tanto la prospección como la exploración mineral debería dejarse en manos del sector privado, reduciéndose el papel de los Servicios a identificar áreas de potencial interés para trabajos detallados posteriores.

Este nuevo panorama de la minería mundial, superando las fronteras de los países y dando una acción decisiva a las compañías mineras multinacionales, ha supuesto que los Servicios Geológicos de la mayoría de los países reorientaran progresivamente sus actividades hacia otras temáticas. Una de ellas, tradicional en muchos de los Servicios, aunque no siempre competencia de estos, es la realización de estudios hidrogeológicos y la evaluación de aguas subterráneas como recurso. Entran dentro de esta tarea los estudios de vulnerabilidad de acuíferos y de los métodos para proceder a su protección, es decir, una amplia serie de aspectos relacionados con la calidad de las aguas subterráneas y la prevención o remediación de su contaminación.

Tras el terremoto acaecido en Alaska, en 1964, el Servicio Geológico de Estados Unidos (USGS) comenzó a trabajar de forma decidida en la problemática de los procesos geológicos que dan lugar a desastres naturales (Fig. 2). Esta iniciativa no se plasmó de forma inmediata en la actividad de otros Servicios Geológicos. Baste decir que, en 1980, ninguno de los grupos de trabajo de los Servicios Geológicos de Europa Occidental tenía como cometido propio el estudio de desastres naturales (Cook, 1994; Lumsden, 1994). La situación, sin embargo,



Fig. 2. Efectos del tsunami acaecido en Alaska, en el año 1964.

sufrió un vuelco notable a lo largo de los años noventa. En 1998, veintiocho de los treinta Servicios Geológicos agrupados en EuroGeoSurveys manifestaron que esta temática constituía una de sus actividades principales, bien como evaluación o evaluación del riesgo, alerta temprana, implicaciones económicas de los riesgos geológicos, etc. (Custodio, 1999). Los riesgos contemplados abarcan deslizamientos y movimientos del terreno, inundaciones y avalanchas, sequías, volcanismo, terremotos y tsunamis.

En la actualidad, el estudio de riesgos geológicos forma parte de la actividad de la mayor parte de los Servicios Geológicos en todo el mundo y, en muchos casos, esta tarea se lleva a cabo tomando como referencia la situación de cambio global ante la que se encuentra nuestro planeta. Esto implica asimismo la actuación sobre una variada gama de temáticas relacionadas con aspectos ambientales del territorio, como son los procesos de desertización, de contaminación de suelos y su remediación, el impacto ambiental de obras públicas, tanto en tierra como en zonas litorales, los efectos de las grandes zonas urbanas o el derivado de las actividades mineras, incluyéndose aquí, de forma relevante, las situaciones posteriores al abandono de minas.

Para la realización de estas tareas, los Servicios Geológicos cuentan con infraestructuras estables y presupuestos fijados por las administraciones de que dependen. Ello permite disponer de equipos, laboratorios e instalaciones para llevar adelante los trabajos de investigación e informe que les son requeridos o que planifican con mayor o menor autonomía. Estas condiciones permiten diseñar programas a corto, medio y largo plazo sobre el territorio.

LA ACTIVIDAD CIENTÍFICO-TÉCNICA EN EL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Dada su estrecha vinculación con las administraciones de que dependen, la elaboración de programas científico-técnicos por parte de los Servicios Geológicos debe dar respuesta a los requerimientos de carácter general que se hacen desde aquéllas, así como a obligaciones más específicas. En el caso del Instituto Geológico y Minero de España, la Ley de la Ciencia, de 1986, lo define como Organismo Público de Investigación, integrado en el sistema de Ciencia-Tecnología de nuestro país. Tras su adscripción a diversos departamentos ministeriales, el IGME depende en la actualidad de la Secretaría de Estado de Universidades e Investigación del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), lo que hace que las actividades del Instituto tengan como objetivo central el impulso de la investigación y desarrollo en el campo de las Ciencias de la Tierra

Fruto de ello es la definición de líneas estratégicas a través de las cuales se complementa la creación de infraestructura geocientífica y la investigación en un amplio campo de temáticas geológicas y mineras. En el IGME, desde 2005 y hasta 2009, son

siete las líneas estratégicas que definen su actividad científico-técnica y cuyos contenidos son, de forma resumida, los siguientes:

a) Cartografía geocientífica

La incorporación en los últimos años de las nuevas tecnologías de sistemas de información geoespacial, permite asociar bases de datos georreferenciadas a la cartografía geocientífica y producir documentos cartográficos tanto sistemáticos como a petición del usuario (Fig. 3). La elaboración de la cartografía geocientífica del IGME se basa en diversos ejes, como son la cartografía geológica terrestre (MAGNA; Plan de cartografía geológica continua), cartografía geológica de la plataforma continental (Plan GEODMAR), cartografía geomorfológica y de procesos activos, cartografía de riesgos geológicos (Plan PRIGEO), cartografía de recursos minerales (mapas de rocas y minerales industriales, mapas metalogenéticos,), cartografía hidrogeológica, y otras (geoquímica, geofísica, suelos, etc).

b) Riesgos geológicos, procesos activos y cambio global

Esta línea aborda la investigación, el análisis y la caracterización de los procesos y riesgos geológicos más notables en el territorio español, tanto en el área emergida como en el litoral y en las áreas submarinas. Se hace especial énfasis en aquellos procesos que son susceptibles de desencadenar daños, co-

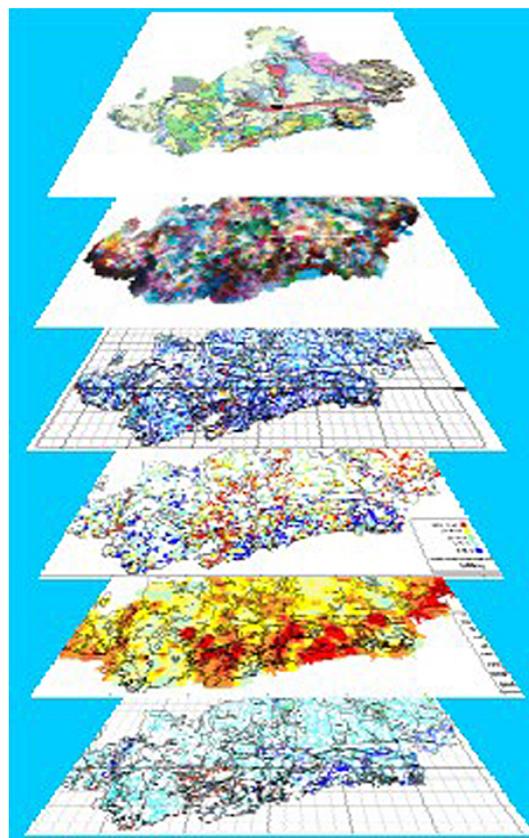


Fig. 3. Cartografía geocientífica basada en sucesivas capas de información

mo las avenidas e inundaciones, los terremotos, el vulcanismo y los movimientos de ladera, etc. En relación con el cambio global, se llevan a cabo estudios paleoclimáticos así como estudios paleohidrológicos y prospectivos sobre los posibles impactos del cambio global en el ciclo del agua en general y de los recursos hídricos subterráneos y ecosistemas asociados en particular.

c) Hidrogeología y calidad ambiental

Con esta línea se trata de profundizar en el conocimiento científico relacionado con el ciclo del agua, tanto en lo relativo a la evaluación en cantidad de recursos hídricos subterráneos disponibles para su uso y para el mantenimiento de los ecosistemas asociados, como en relación con su calidad natural y las presiones e impactos a que aquellas están sometidas (Fig. 4). En función de la estrecha relación de la zona no saturada con el suelo, se incluye en esta línea de acción, como parte del ciclo de la calidad ambiental, la investigación, el estudio y caracterización de los suelos contaminados, el desarrollo de metodologías y técnicas de descontaminación y la identificación de factores limitantes de aplicación.

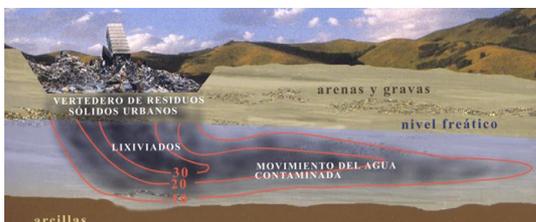


Fig.4. Afeción de instalaciones potencialmente contaminantes a los sistemas hidrogeológicos.

d) Geología del subsuelo y almacenamiento geológico de CO₂

Con esta línea se pretende profundizar en el conocimiento de la estructura y propiedades físicas del subsuelo del país, integrando la información multidisciplinar, geológica, hidrogeológica, geofísica, de sondeos, etc., e incorporando las tecnologías más innovadoras en la investigación de Ciencias de la Tierra. El objetivo particular es determinar la localización espacial y la caracterización geométrica e hidráulica de las formaciones geológicas susceptibles de ser utilizadas como almacén de CO₂ para contribuir a la reducción del efecto invernadero. El programa abarca aspectos de investigación y de desarrollo de métodos de modelización geológica en 3D, análisis estructural, registros geofísicos, etc.

e) Recursos minerales e impacto ambiental de la minería

Esta línea aborda el estudio e investigación del denominado ciclo de vida de los recursos minerales, desde el conocimiento de los procesos geológicos que condicionan su presencia, hasta la ordenación minero-ambiental, y la recuperación y restauración de los espacios mineros, con criterios de sostenibilidad y de interacción con el medio natural. Incluye la modelización geológica de los procesos que dan

lugar a yacimientos de minerales y rocas de interés económico, la cobertura geoquímica multielemental del territorio, la investigación mineralúrgica para el aprovechamiento de menas o recursos con gran potencial económico y los estudios orientados a la ordenación ambiental del sector minero, con especial atención a la mitigación de los efectos de la minería en el medio natural.

f) Geodiversidad, patrimonio geológico-minero y cultura científica

Se contemplan los estudios destinados a definir y caracterizar la geodiversidad del territorio español, a inventariar, estudiar y difundir su patrimonio geológico e histórico-minero (Fig. 5), y a establecer y desarrollar las relaciones entre piedra natural y conservación del patrimonio histórico-arquitectónico. Igualmente, esta línea integra los estudios geocientíficos de los espacios naturales singulares, en especial los comprendidos en la Red Europea Natura 2000. Asimismo, incluye la realización de los trabajos de investigación mineralógica y paleontológica necesarios para mantener, actualizar y divulgar el patrimonio mueble del Museo Geominero, así como todo lo relativo a cultura científica, en especial lo relacionado con la conservación y divulgación de los recursos geológico-culturales y sus significados, incluidos los fondos bibliográficos y cartográficos históricos.

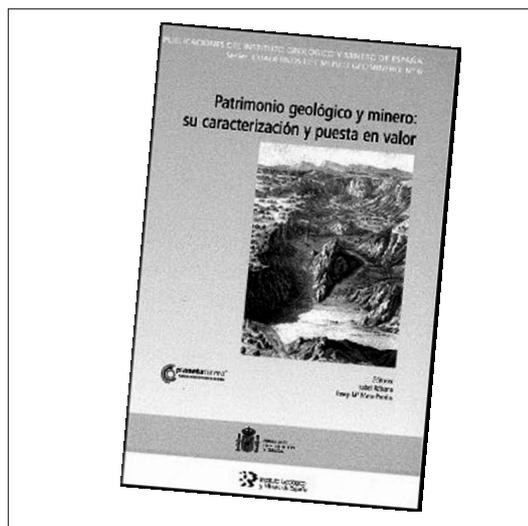


Fig. 5. Divulgación científica realizada por el IGME, en este caso referida al patrimonio geológico y minero.

g) Sistemas de información geocientífica

La información geocientífica que genera el IGME, y la acumulada en sus más de 150 años de historia, constituida por cartografía geológica y geotemática, bases de datos e informes inéditos es uno de sus principales activos. En consonancia con esta realidad el IGME se plantea como una de sus líneas de acción prioritarias el desarrollo de Sistemas de Información con un doble propósito: i) recuperar y homogeneizar la información, generando modelos de datos en plataformas acordes con la realidad tec-

nológica actual para su puesta a disposición de los usuarios de la información neocientífica (Fig. 6), y ii) desarrollar e implantar sistemas de difusión de esa información en internet, facilitando su consulta y descarga.

Como se puede extraer de la lectura de los contenidos de estas líneas, el Instituto Geológico y Minero de España cubre un amplio espectro de temas científico-técnicos relacionados con la base física, geológica, minera y ambiental del territorio. Contribuye así al desarrollo de las Ciencias de la Tierra desde un doble punto investigador y de creación de infraestructura, con el propósito de que ambos aspectos queden lo más perfectamente coordinados. Centra su actividad en el territorio español aunque también desarrolla tareas en otros países, esencialmente en aquellos de América Latina y norte de África, que son objetivos prioritarios de la cooperación internacional española.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra su invitación a presentar esta ponencia que, confío, contribuirá a

que los docentes, investigadores y profesionales en general perciban mejor el importante papel que los Servicios Geológicos han tenido y tienen en la generación de conocimiento en muchas de las materias relacionadas con nuestro planeta. Es también por ello una aportación a la conmemoración del Año Internacional del Planeta Tierra en 2008.

BIBLIOGRAFÍA

Allen, P.M. (2005). Geological Surveys. En: *The Encyclopedia of Geology* (R. Selley et al., Eds), vol. 3, 65-72.

Cook, P.J. (1994). *The role of the Geological Surveys in the 21st century*. Episodes, 17, 106-110.

Custodio, E. (1999). *The European geological surveys and EuroGeoSurveys: roles and tasks in a supranational structure*. Episode, 22, 107-112.

Lumsden, G.I. (1994). *Geology and the Environment in Western Europe*. Clarendon Press, Oxford, 325 pp.

Otto, J.M. (1995). *National Geological Surveys. Policies and practice*. Resources Policy, 21, 27-35. ■

Fecha de recepción del original: 20 febrero 2008.

Fecha de aceptación definitiva: 29 mayo 2008.