

# El mapa geológico, del papel al objeto tridimensional

Alejandro Robador y María J. Mancebo

Área de geología, geomorfología y cartografía geológica.  
Instituto Geológico y Minero de España

REVISTA **MAPPING**  
Vol. 29, 200, 110-111  
marzo-junio 2020  
ISSN: 1131-9100

El mapa geológico es una publicación científica que documenta la expresión superficial de la configuración geológica de una región. La representación de los elementos geológicos sobre un mapa topográfico es una abstracción que hace el científico de la diversidad presente en la naturaleza. El criterio más común usado por el geólogo para este análisis es la naturaleza litológica del objeto geológico. De este modo el mapa geológico constituye la representación de los diferentes tipos de rocas y de sus contactos y las estructuras que las afectan en un documento bidimensional, pero realmente constituye la representación sobre una superficie bidimensional de unos objetos espaciales que tienen tres dimensiones. El mapa resulta de expresar la intersección de los volúmenes litológicos sobre una superficie tridimensional, la superficie de la Tierra, lo que nos va a permitir extraer datos sobre la disposición espacial de las unidades geológicas debido a las variaciones topográficas. Se trata del único mapa temático de la naturaleza que permite este tipo de análisis, que le convierte en una herramienta predictiva para la búsqueda de recursos en el subsuelo, además de constituir un documento esencial para la ordenación del territorio.

Precisamente hace 30 años el mapa geológico comenzaba a experimentar su transformación desde una impresión en papel a un archivo digital, iniciándose la digitalización de la cartografía existente con el objetivo de generar información geológica en formato electrónico. Paralelamente a iniciativas de otros países, como el *National Geological Map Database Project* (NGMDB), que nació a raíz del *National Geographic Mapping Act* de 1992 en los Estados Unidos y que dio lugar a la principal base de datos de mapas geológicos e información relacionada de geociencia de los Estados Unidos, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), inició en 1991 un programa de transformación digital de su infraestructura cartográfica centrado en su programa MAGNA de cartografía geológica sistemática a escala 1:50.000 (1) con el fin de generar una base de datos espacial para su explotación con tecnología SIG.

En este contexto, los servicios geológicos, de manera independiente, definen sus propios modelos de datos orientados a cubrir sus necesidades específicas y locales, por lo general, dirigidas a proporcionar una estructura para la organización, el almacenamiento y el uso de los datos de sus mapas geológicos

en un ordenador local. Son modelos que definen formalmente la gramática de los mapas geológicos y tienen como un objetivo principal la reproducción de éstos. Esta labor de transformación digital da lugar a la creación de grandes bases de datos geológicas georreferenciadas a finales de los años 90, que se revelan como una poderosa herramienta para la resolución de problemas relacionados con el medio natural. Su disponibilidad, junto al desarrollo de la tecnología, aumenta su base de usuarios que demandan nuevas opciones de visualización y análisis espacial y estadístico, que en muchos casos requiere integrar información procedente de distintas fuentes para ser explotada en sistemas locales. Para cumplir con estas demandas se pone de manifiesto la necesidad de contar con información continua y homogénea tanto a nivel espacial como semántico.

Consecuentemente, los servicios geológicos reorientan su actividad hacia la creación de bases de datos cartográficas continuas, sin límites de hojas, con un diseño originalmente digital y orientadas a su difusión a través de la web mediante aplicaciones telemáticas para la consulta, visualización y descarga de la información. La respuesta del IGME consistió en el desarrollo del programa de cartografía geológica continua digital GEODE (2004) (2), soportado por el proyecto BADAFAI, que tiene dos ámbitos de acción: la definición de un modelo y una estructura de datos, y su difusión y consulta a través de la aplicación denominada SIGECO; y en el desarrollo del Sistema de Información Geoespacial (INGEES), que permitía a los usuarios descargar la información en múltiples formatos, desde formatos nativos SIG para usuarios expertos hasta mapas en formatos pdf y jpg de libre difusión. Posteriormente, este proyecto evolucionó hasta el actual portal de cartografía del IGME (3), se crearon servicios de mapas que permiten, a través de aplicaciones cliente específicas, la visualización y consulta de la información cartográfica y bases de datos del IGME y la integración con información de otras organizaciones (4) y se desarrolló el navegador de información geocientífica Visor InfoIGME (5), que permite la visualización y consulta de diversa información geológica mediante herramientas estándar y añadir servicios WMS de otros organismos.

A pesar del gran avance que suponen iniciativas como éstas para facilitar el acceso y uso de la información geológica, siguen existiendo problemas de explotación conjunta. La

aplicación de la interoperabilidad, a todos los niveles, de forma consensuada por parte de los Servicios Geológicos es la manera de solucionarlos y alcanzar un grado alto de integración en la información que comprende la cartografía geológica.

Con este fin se acuerda, por un lado, la adopción de normas y estándares internacionales, como la familia de normas ISO 19100 de la Organización Internacional para la Estandarización como marco general de referencia para la interoperabilidad, el intercambio y la distribución de información geográfica digital y los estándares y especificaciones del Open Geospatial Consortium (OGC) para la utilización de los servicios web geoespaciales; y por otro lado, desarrollar un modelo conceptual y un vocabulario que asegure la interoperabilidad semántica.

La conceptualización geológica fue llevada a cabo por la Commission for the Management and Application of Geoscience Information (CGI), auspiciada por la International Union of Geological Sciences (IUGS), y dio como resultado GeoSciML (GeoScience Mark-up Language) en 2004 (6). Se trata de un formato de intercambio basado en GML y un modelo lógico que incluye diccionarios de términos controlados que permiten describir de forma global, completa e inequívoca la información geológica. La versión 4.1 de GeoSciML fue aprobada como estándar OGC. GeoSciML ha dado soporte a proyectos internacionales fundamentales para la interoperabilidad geológica como OneGeology y OneGeology-Europe, y su modelo básico está alineado con el núcleo del modelo de datos INSPIRE del tema geología y es el estándar de referencia para la extensión de dicho núcleo.

La Directiva que desarrolla la Infraestructura de Datos de la Unión Europea o INSPIRE (7), se ha convertido en una ambiciosa e importante iniciativa en cuanto a interoperabilidad de información geológica se refiere. Lo hace estableciendo un marco jurídico-legal-técnico interinstitucional que da garantías al acceso e intercambio de información espacial y que es de obligado cumplimiento para todos los organismos europeos responsables de la producción de la información objeto de la Directiva, incluido el IGME. De manera sintética, puede decirse que los compromisos de los Servicios Geológicos con INSPIRE para lograr el acceso y uso de la información son generar metadatos conformes de la información geológica, crear servicios web de búsqueda, visualización y descarga acordes con sus especificaciones, y adoptar sus modelos de datos y vocabularios. Los dos primeros puntos son de más fácil asunción por los organismos productores de cartografía geológica, mientras que la transformación de la información geológica al modelo INSPIRE está siendo más difícil y problemática de lo esperado desde la experiencia concreta del IGME, labor que forma parte de sus obligaciones actuales.

La interoperabilidad semántica y su explotación siguen ocupando gran parte de la actividad de los Servicios Geológicos. También se trabaja en la integración de los datos espa-

ciales procedentes de muy diferentes fuentes: teledetección e información geofísica: magnetometría gravimetría, radiactividad y en el análisis dinámico de las deformaciones de la superficie terrestre mediante imágenes satélite radar.

Desde hace varios años, los servicios geológicos están volcando toda su información en grandes modelos tridimensionales de la configuración geológica del subsuelo generados mediante la integración de los datos superficiales con múltiples fuentes de información geofísica, que ahora resulta factible gracias a los avances en el hardware y software de modelización geológica. Estos modelos adolecen todavía de la falta de estándares, cuyo desarrollo marcará su evolución futura. Los profesionales de las Ciencias de la Tierra obtienen así las herramientas que les permiten estudiar los objetos geológicos en todas sus dimensiones, algo que hasta ahora conseguían únicamente en el interior de su cerebro.

Aunque resulta difícil aventurarlo, probablemente dentro de 30 años la cartografía geológica consistirá en modelos geológicos tridimensionales que responderán a múltiples variables petrofísicas y no únicamente la litología y que evolucionaran dinámicamente en función de los datos disponibles. Por otro lado, el monitoreo continuo de la superficie permitirá una detección precoz de los riesgos geológicos asociados a movimientos del terreno y las deformaciones de la superficie terrestre ligadas a la actividad volcánica y los terremotos.

- (1) <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50.aspx?language=es>
- (2) <http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Geode.aspx?language=es>
- (3) <http://info.igme.es/cartografiadigital/portada/default.aspx?mensaje=true>
- (4) <http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>
- (5) <http://info.igme.es/visorweb/>
- (6) <https://www.ogc.org/standards/geoscimlhttps://inspire.ec.europa.eu/>
- (7) <https://inspire.ec.europa.eu/>

