

Introducción a los lenguajes geocientíficos. Aplicación en el proyecto OneGeology-Europe

F. Pérez Cerdán ⁽¹⁾, M. J. Mancebo Mancebo ⁽²⁾, E. González Clavijo ⁽³⁾
y Á. Prieto Martín ⁽⁴⁾

(1) Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera sn, Tres Cantos, 28760 Madrid
f.perez@igme.es

(2) Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera sn, Tres Cantos, 28760 Madrid
mj.mancebo@igme.es

(3) Instituto Geológico y Minero de España. C/ Azafranal 8, 37001, Salamanca
e.clavijo@igme.es

(4) Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003, Madrid
a.prieto@igme.es

RESUMEN

La difusión de la información geocientífica a través de las redes telemáticas resulta ser un proceso de limitada utilidad si la información distribuida carece de la normalización semántica adecuada. La comprensión de los conceptos básicos expresados en los mapas geológicos es fundamental para su adecuada reutilización y explotación. En este sentido, los vocabularios de términos controlados son esenciales para garantizar la comprensión e interoperabilidad de los datos, constituyendo además el pilar fundamental de las ontologías. En los últimos años se han llevado a cabo diversas iniciativas internacionales cuyo objetivo ha sido el establecimiento de conjuntos de términos controlados para la gestión y explotación de la información geológica digital. El proyecto OneGeology-Europe (ECP-2007-GEO-317001) es sin duda el mayor esfuerzo realizado en Europa en este sentido, así como en la armonización semántica de la información geológica. Con el objetivo de facilitar la información geológica digital de escala nacional en el marco de la UE cuenta entre sus logros el haber desarrollado un lenguaje geocientífico compuesto por 15 vocabularios jerarquizados. La terminología litológica y de edades geológicas, con más de 150 términos cada una, se han utilizado para realizar consultas multilingües en el geoportal desarrollado en el proyecto.

Palabras clave: Europa, geología, interoperabilidad, litología, vocabulario de términos

An introduction to geoscientific languages, with particular reference to the OneGeology-Europe Project

ABSTRACT

The communication of geoscientific information via telematic networks is of limited value if there is no prior agreement as to the semantics involved. An understanding of the basic concepts expressed on geological maps is essential to their reuse and interoperability. Vocabularies of controlled terms play a key role in guaranteeing this matter, apart from constituting the main pillar of ontology. During recent years several international initiatives have been undertaken to establish lists of controlled terms to be used in the communication of digital geological information. The OneGeology-Europe Project (ECP-2007-GEO-317001) undoubtedly represents the greatest attempt made to harmonize the semantics of geological data. To facilitate web-accessible, interoperable, geological spatial datasets at national scale within the framework of the European Union, one of its achievements is to have developed a geoscientific language composed of 15 hierarchically structured vocabularies. Terminology referring to lithology and geological age, each containing more than 150 words and phrases, has been used to make multilingual queries in the OneGeology-Europe geoportal.

Key words: Europe, geology, interoperability, lithology, vocabulary of terms

ABRIDGED ENGLISH VERSION

Introduction

The interoperability of spatial information at the semantic level requires common agreement amongst users on the concepts and terms to be employed in any particular subject and their strict application to spatial datasets. Data harmonization is a complex task, especially when dealing with geoscientific information, which is an extensive interpretative science in which many different approaches, methods and analyses are involved and a lot of local and regional terms used. Successful harmonization relies on vocabularies of controlled terms, a widely used form of knowledge-organisation systems (KOSs), and semantic clarification. Such vocabularies consist of lists of terms with an unambiguous, non-redundant meaning. They become domain ontologies if they are extended with hierarchical relationships, related terms and provide the source of the information. Apart from the key role vocabularies play in the standardization and harmonization of information, they provide a consistent way of organising spatial dataset content for its subsequent retrieval, and consequently improve the possibilities of reusing and exploiting the information involved.

In view of the proliferation of geographical information systems (GIS) in geosciences and the rapid evolution of the internet, several projects and initiatives have been launched to found a basis for the normalisation of geological terms, in particular those concerning rocks and ages. The most outstanding of these initiatives are:

- The International Union of Geologic Sciences (IUGS) Commission on the Management and Application of Geoscience Information (CGI) and its CGI Interoperability Working Group, known as GeoSciML (Geoscience Markup Language). GeoSciML is a GML (Geography Markup Language) application language for geosciences that contains a set of vocabularies of controlled terms (Table 1).
- The British Geological Survey (BGS) has built 211 vocabularies comprising not only geological terms (Table 2) but also those referring to mapping and information technology (IT). Rock and sediment classifications are very detailed and well documented.
- The United States Geological Survey (USGS) and Natural Resources of Canada (NRCAN) have provided a collection of vocabularies as one feature of the National Geological Map Database project (NGMD) (Table 3), within which the Science Language Technical Team (SLTT) was formed to develop a science-language standard for the description, classification, and interpretation of earth materials in geological-map databases.

The OneGeology-Europe project

The OneGeology-Europe project OneGE, (ECP-2007-GEO-317001) began in September 2008 and lasted for 2 years. Its main objective was to put together on a web site the spatial dataset of the national geological maps of Europe, achieving semantic interoperability at data level. The total budget for the project was one of €3.4 million, the EC contribution being €2.6 million. OneGE has 29 partners within a consortium of 20 nations, including 20 geological surveys (data providers), 7 representatives of the user community, an expert on the legal aspects of geographical data access and, lastly, EuroGeoSurveys, the umbrella organisation for all the geological surveys in Europe. To achieve the main objective a great effort to harmonize data was undertaken. Three main contributions were required: a common geological data model, a set of vocabularies of controlled geological terms and the harmonization of cross-border spatial and thematic data. Apart from that, the project included the creation of an Inspire-compliant metadata profile and a multilingual web metadata catalogue and map viewer.

The metadata profile for datasets is based on the EN ISO19115 MD standard. It comprises 41 labels, 29 of them being mandatory. The profile for services is based on the EN ISO19119 standard. The geological metadata catalogue (Fig. 1) provides the means to search and edit national geological and applied geological map metadata (<http://one.geology.cz>). The OneGE data model, a profile of the GeoSciML data model, developed by the IWG-CGI, includes five main features: GeologicFeature, MappedFeature, GeologicUnit, GeologicStructure and GeologicEvent (Fig. 2). Data models determine the conceptual framework for interoperability at schematic level. Vocabularies of controlled terms define the domains of the properties, which are the key to achieving semantic interoperability. The OneGE vocabularies result from matching the partner requirements with the CGI vocabularies. "European" terms hitherto not included in the CGI vocabularies have been added. Fifteen vocabularies have been established (Table 4), their general structure consisting of term designation, definition, hierarchy, related terms and source (Table 5). The OneGE vocabularies are multilingual, as they have been translated into the 18 official languages in use in the consortium countries, and are as follows:

1GE_FeatureObservationMethod, which includes only two terms: "Data from single published description" and "Synthesis of multiple published descriptions";

1GE_MappedFeatureObservationMethod, which consists of only one term: "Compilation";

1GE_OrogenicEvents (Table 6);

1GE_EventProcess (Table 7);

1GE_EventEnvironment (Table 8);

1GE_Ages (Table 9);
1GE_GeologicUnitType (Table 10);
1GE_GeologicUnitMorphology (Table 11);
1GE_GeologicUnitPartRole (Table 12);
1GE_ProportionTerms (Table 13);
1GE_Lithology (Table 14);
1GE_MetamorphicFacies (Table 15);
1GE_MetamorphicGrade (Table 16);
1GE_ContactType (Table 17);
1GE_FaultType (Table 18).

Although all of the vocabularies are essential, two of them may be highlighted: Lithology and Age. These two include over 60% of all the terms and stimulated most debate during the reviewing process. They are used in the geoportal to make multilingual queries.

The International Stratigraphic Chart (version 2009) was adopted as the OneGE age vocabulary. Twenty-seven Precambrian epochs were added to arrive at a better description of the Fennoscandian Shield rocks.

The OneGE lithology vocabulary follows the CGI SimpleLithology vocabulary scheme of rocks and sediments. The second level of the hierarchy, below the generic term "Compound Material," has been divided into Igneous Material, Sedimentary Material, and Composite Genesis Material. Two terms have been added: "breccias" and "tuffite," neither of them containing narrower terms.

Semantic and spatial harmonization has also been a key issue in achieving data interoperability between neighbouring countries. Geology is seamless at border crossings, but political boundaries usually act as neat lines where units do not match. This is caused by the different size of countries, which implies diverse map scales, a lack of adjustment between topographic maps and discrepancies in the interpretation of boundaries between geological units when they alter gradually. A significant effort was undertaken in that direction but not all of these discrepancies were solved.

The OneGE geoportal is the key element in bringing together a web-accessible, interoperable, harmonized, geological spatial dataset for the whole of Europe at a 1:1 million scale. It addresses multilingual aspects to achieve the main objective of the project, to bring geological knowledge closer to the end-user. This client-server application has been designed to follow a three-tier architecture (Fig. 3), in which the data management (data tier), the distributed OGC map and query services (application tier, business logic or middle tier) and the web-map application with which the users interact (presentation tier) are logically separate processes. A harmonized lithological map is displayed when the geoportal is opened (Fig. 4). This map is created from the response provided by more than 20 interoperable services, the data sources of which are datasets harmonized according to the OneGE data model. The thematic analysis tool, which allows users to create a custom map, is the more advanced function of the geoportal. Cartographic units can be filtered onto their lithology and/or their lower age and displayed in a user-defined colour (Figs 5 and 6). Apart from the usual tools for navigating around the map (zoom in, zoom out, pan etc), the geoportal includes tools to display the map legend, download data and access the metadata catalogue.

Conclusions

The OneGE project represents a significant contribution to the harmonization of European spatial geological data, providing as it does a list of harmonized vocabularies, a set of web services to deal with them, and a web site for helping geoscientists to display maps based on selected age and lithology terms.

The foundations for normalizing European geological data have been set in place. The INSPIRE thematic working group (TWG) Geology and Mineral Resources will have to define data specification for geology, and the OneGE project is a key input to this task. In spite of the fact that geology is a complex subject, interoperability is feasible: OneGE partners have agreed upon a common harmonized data model. Furthermore, the use of vocabularies of controlled terms with a hierarchical structure enhances the ability to search for, access and share geological data.

Nevertheless, the holistic view of the geological unit provided by the author of the map as detailed description is also taken into account. These unit descriptions include relevant aspects of the geological units that are not easy to guess when they are replaced by a list of terms.

Introducción

La terminología geológica ha sido y es compleja debido principalmente a la amplitud de disciplinas y conceptos que comprende, la carga interpretativa ligada

a muchos de ellos y el contexto nacional y regional en el que se emplean. Además, el progresivo aumento del conocimiento, motivado en parte por el avance de las técnicas analíticas hace que dicha terminología aumente continuamente. Incluso se ha afirmado que

parte de esa diversidad en la nomenclatura se debe a que la interpretación de los fenómenos geológicos es más un arte que una ciencia en la que entran en juego la experiencia, habilidad y agudeza, (SLTT, Science Language Technical Team, 2004).

Antes de la implantación de la tecnología relativa a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en este campo ya se habían hecho importantes esfuerzos por alcanzar clasificaciones en aspectos básicos referentes a la nomenclatura y ordenación de rocas y escalas de tiempo geológico, pero en ocasiones el fruto ha sido un conjunto de diferentes criterios de normalización.

Con la aplicación de las bases de datos, y sobre todo de los SIG, este problema se puso aun más de manifiesto pues la difusión de la información creció más allá de la comunidad de expertos en la materia y del ámbito nacional o regional de uso. En efecto, el gran incremento en la difusión de la información cartográfica geológica, propiciada por el desarrollo de las telecomunicaciones y la mayor conciencia de los técnicos y planificadores sobre la importancia de esa información sobre cualquier actuación en el territorio, ha globalizado la información geocientífica. Esta globalización ha dado pie al concepto de interoperabilidad, que al margen de determinados aspectos técnicos esenciales, implica la necesidad de una representación normalizada de la información geocientífica para la designación y denominación de los conceptos y sus propiedades.

En este contexto surge la necesidad de establecer un marco común de definición de conceptos, con relaciones, propiedades y dominios; en otras palabras, un lenguaje que facilite la homogeneización de la nomenclatura para la gestión en sistemas digitales, el intercambio y la comprensión de la información geocientífica en un contexto de interoperabilidad semántica. El objetivo a alcanzar sería posibilitar la comunicación facilitando las relaciones entre los conceptos geocientíficos y sus designaciones y descripciones correspondientes en colecciones organizadas por dominios o especialidades de conocimiento y aceptadas por la comunidad geocientífica. El conjunto de esas colecciones, conocidas comúnmente como vocabularios, constituye el lenguaje geocientífico.

Los vocabularios pueden cubrir todos los niveles del dominio objeto de estudio, desde la definición formal del propio dominio y de los conceptos fundamentales (alto nivel) hasta la definición de las unidades de medida (bajo nivel). Sin embargo, es el dominio de los atributos que caracterizan las diferentes clases de fenómenos el que más desarrollo e importancia tiene. Se obtiene de esta manera un esquema descriptivo completo de cada uno de los elementos del dominio, qué significan exactamente, cuál es su ámbito, con

quienes se vinculan y cómo se representan; con el fin último de presentar un conocimiento completo, comprensible e interoperable del territorio desde el punto de vista geocientífico.

Los vocabularios dentro de los sistemas de organización del conocimiento y su evolución

La organización del conocimiento científico se remonta al siglo XVIII, en el que comienzan a establecerse clasificaciones sistemáticas relativas a elementos de la naturaleza como es el caso la clasificación de los seres vivos de Linneo. Desde entonces, filósofos, lingüistas y científicos han construido toda una disciplina que se ha extendido de forma extraordinaria a raíz del uso extensivo de los sistemas de información y las telecomunicaciones en el mundo científico.

Dentro de la clasificación de los sistemas de organización del conocimiento los vocabularios de términos controlados se pueden considerar de complejidad intermedia. Los más sencillos son las listas simples de palabras y los diccionarios, mientras que en el extremo opuesto se encuentran las taxonomías, los tesauros y las ontologías (Hensaw, 2007). Sin embargo, los límites entre estas formas de organización son más bien difusos y existen soluciones híbridas (Budín, 2007).

Con relación a los vocabularios de términos controlados, las taxonomías aportan, teóricamente, las relaciones jerárquicas; mientras que los tesauros añaden además diferentes tipos de asociaciones entre los términos, como son la equivalencia, la generalización, la especialización, la sinonimia y la polisemia. Sin embargo, algunos vocabularios de términos geocientíficos, sin considerarse taxonomías o tesauros, sí comparten algunas de sus propiedades. Es el caso de la terminología de rocas y de los términos cronoestratigráficos, en los que las relaciones jerárquicas son esenciales.

Las ontologías, como sistema de organización de conocimiento más avanzado incorpora relaciones genéticas y estructurales entre los términos de uno o más dominios o conceptos. Un ejemplo de este tipo es la relación que se establece entre los tipos de rocas y los ambientes geológicos. Existe un tipo básico de ontologías, denominadas ontologías terminológicas (Sowa, 2000) u ontologías de concepto (Lusächer et al, 2003, Brodaric y Gahegan, 2006) en el que pueden encajar los vocabularios de términos controlados. Considerar determinados vocabularios como ontologías no está en contra de la extendida definición de ontología propuesta por Gruber, quien las describe como "la definición explícita de los términos de un dominio y de las relaciones entre ellos" (Gruber, 1992).

En cuanto a la evolución en la organización del conocimiento geocientífico, es prácticamente a comienzos del siglo XXI cuando las iniciativas se hacen más numerosas, se establecen grupos de trabajo internacionales y se ponen en marcha diversos proyectos dirigidos a la normalización de la terminología geocientífica.

Paralelamente a la publicación por el British Geological Survey de los vocabularios de rocas, sedimentos y depósitos superficiales (Gillespie y Styles, 1999; Robertson, 1999; Hallsworth y Knox, 1999; McMillan y Powell, 1999), se difunden los primeros modelos de datos complejos para el almacenamiento y explotación de la información geológica representada en los mapas geológicos (Johnson et al, 1999). La creación de tales modelos se plantea ante la evidente capacidad de los sistemas digitales para almacenar una representación numérica de determinadas facetas de la Tierra y facilitar la ejecución de análisis complejos (Richard, 1999). Estos nuevos modelos se articulan en torno a conceptos y relaciones, estando los primeros regulados por una terminología concisa y normalizada.

La extensión del concepto "interoperabilidad" a la información geológica impulsó la necesidad de desarrollar estándares en información geológica en dos líneas fundamentales: modelos conceptuales y vocabularios. De esta forma es posible alcanzar la plena interoperabilidad semántica y responder a las demandas actuales de información geológica en conjunción con los avances tecnológicos (Laxton et al, 2003). Con relación a la primera línea, los modelos de datos, el avance más destacable ha sido la publicación del North American Data Model (NADM 1.0) en el año 2004, uno de cuyos componentes es un lenguaje científico estandarizado que permite la clasificación, descripción e interpretación de los materiales y estructuras geológicas (NADM, 2004). En relación con la segunda línea, los vocabularios, se pueden destacar en primer lugar los trabajos del Science Language Technical Team (SLTT), íntimamente relacionado con el NADM, y cuyo objetivo era establecer un lenguaje en los términos anteriores orientado a la cartografía geológica digital para uso público, dejando en un segundo plano la academia y el sector privado (SLTT, 2004). En segundo lugar se encuentra la terminología desarrollada por el Interoperability Working Group de la CGI-IUGS (Commission for the Management and Application of Geoscience Information - International Union of Geological Sciences), que se expone en el punto "Principales iniciativas".

En la actualidad, es el desarrollo de ontologías aplicadas al conocimiento geocientífico el objetivo primordial para difundir, compartir y reutilizar dicho

conocimiento de forma efectiva a través de las redes telemáticas. Son de destacar los trabajos de Brodaric, encaminados fundamentalmente a la desarrollo de ontologías de concepto, principalmente de tipos de rocas (Brodaric y Gahegan 2007 y Brodaric y Probst 2008).

La necesidad de conocer con exactitud las propiedades y relaciones de los silicatos, dado su potencial incidencia sobre el medio ambiente ha invitado a desarrollar una ontología de silicatos (Galán y García, 2010), un antecedente en la aplicación de las ontologías al dominio geocientífico en el ámbito nacional.

Estructura de los vocabularios

La gestión y representación del conocimiento es una disciplina que ha puesto en manos de científicos y técnicos una serie de recursos con los que estructurar y organizar ese conocimiento desde el punto de vista semántico. Su manifiesto interés ha quedado patente en diversas iniciativas de la Organización Internacional de Normalización (ISO), que ha dedicado un Comité Técnico, el número 37 (Terminology and other language and content resources) a esta cuestión. Además, de forma específica el Comité Técnico 211 (Geographic Information / Geomatics), también de ISO, ha tratado el tema de la normalización de la terminología en la información geográfica. En esas normas se desarrollan con detalle los principios y métodos sobre la terminología científico y técnica.

Un sistema de conceptos se puede definir como un conjunto de conceptos, preferentemente vinculados a un dominio de conocimiento, estructurados según las relaciones que los unen.

Los elementos básicos que constituyen la terminología de los sistemas de conceptos son los conceptos, las designaciones y las definiciones (ISO, 2009). La designación (o término) es la expresión de un concepto mediante un signo que lo denomina. Este "signo" puede ser un conjunto de palabras, una serie de símbolos matemáticos o un gráfico. La definición es el conjunto de información que permite caracterizar un concepto y diferenciarlo de los conceptos relacionados.

El conjunto de entradas que contiene designaciones y definiciones de uno o más campos temáticos se conoce como vocabulario, (ISO, 2000). La organización ideal de la terminología en un sistema de conceptos o vocabulario sería aquella en la que solo existiesen relaciones monosémicas entre designaciones (o términos) y definiciones. (ISO, 2010). Sin embargo la monosemia es insuficiente especialmente en algunos dominios de la información geocientífica en los que el

ámbito académico, o el contexto territorial, hacen necesaria la inclusión de la sinonimia y ocasionalmente de la polisemia. Si bien es cierto que estas relaciones introducen cierta ambigüedad en la organización del sistema de conceptos, amplían el espectro de usuarios y mejoran la explotación de la información.

Las relaciones entre los conceptos de un sistema de conceptos son jerárquicas y asociativas. Las primeras se subdividen en genéricas, que son las que se establecen entre conceptos cuando las características de un concepto subordinado incluye las características del concepto superior jerárquico; y partitivas, en las que el concepto superior jerárquicamente hablando se comporta como el todo frente a las partes que lo componen, que serían los conceptos subordinados. En las relaciones asociativas no existe jerarquía y se producen cuando se puede establecer cierta relación temática entre conceptos en virtud de la experiencia, (ISO, 2009).

El caso más habitual en la información geocientífica lo constituyen las relaciones jerárquicas partitivas, como por ejemplo las edades geológicas, un conjunto de Sistemas (Triásico, Jurásico y Cretácico) constituyen una Era (Mesozoico). En este caso se añade un factor importante en las relaciones, que es el orden.

Cada jerarquía implica una categoría que se distingue por una serie de propiedades concretas, (Mennis, 2004) y cada concepto ocupa un lugar en la estructura de la que emana toda una fuente de conocimiento implícito, tanto por herencia como por pertenencia. Esto último respalda la idea de que lo importante no es el término en sí mismo sino el conocimiento que se deriva de él (Richard et al, 2003).

El grupo de trabajo de interoperabilidad (IWG) de la Comisión para la Gestión y Aplicación de la Información Geocientífica (CGI) trata de forma específica los vocabularios en el modelo de datos desarrollado para el Geoscientific Mark-up Language (GeoSciML). Un vocabulario está constituido por una serie de conceptos controlados que se describen mediante un identificador y un nombre, equivalente a la designación o término. La descripción de cada concepto se realiza a través de un vínculo que lo relaciona con el fenómeno geológico al que se refiere, (Richard y CGI-IWG, 2007 y OneGeology y CGI-IWG, 2009)

La definición se puede ver ampliada por lo que se denomina información suplementaria -notas, descripciones del concepto, descripciones enciclopédicas, explicaciones, ejemplos y contextos de la definición. En los vocabularios de información geocientífica se suelen incluir por lo general los siguientes elementos:

- Código de identificación (en el que se incluye la jerarquía).

- Definición
- Fuente u origen del término.
- Término superior en la jerarquía, si la colección de términos la tiene definida.
- Estatus del término.
- Fecha de alta.
- Fecha de la última modificación.
- Observaciones y comentarios.

Estos elementos suponen un respaldo importante para los conceptos de los vocabularios, sobre todo al incorporar una referencia sobre su origen; pero no van más allá en el conocimiento que la propia jerarquía establece. Sin embargo, se les pueden añadir otros elementos que les dotan de cierta estructura superior de información y que los acercan a las denominadas "ontologías." Esto elementos son:

- Sinonimia.
- Nombres alternativos, empleados para incluir términos locales.
- Términos relacionados, que suelen ser términos más precisos no incluidos en la colección.
- Términos ocultos, en los que se incluyen posibles errores ortográficos en la nomenclatura de los términos o términos en desuso.

Aunque la estructura más formal y académica de los vocabularios es aquella en la que para un concepto hay solo una designación y solo una definición y viceversa (ISO, 2010) lo cierto es que la sinonimia es una relación inevitable en ciertos aspectos de la información geocientífica. La pérdida de eficacia de los vocabularios con sinonimia se puede paliar aplicando lo que se denomina el término preferido o designación preferida.

Otro aspecto a valorar cuando se elaboran y utilizan los vocabularios de términos controlados es la escala o resolución de los datos. Evidentemente la precisión de la información se incrementa con el aumento de la escala o resolución, de tal forma que es necesario hacer uso de los vocabularios de términos controlados adecuados en cada caso. De no existir una correspondencia lógica se pueden producir casos de generalización o de pérdida de información cuando no exista una descripción narrativa en la que los detalles queden registrados.

Funcionalidades de los vocabularios

Como cualquier otro vocabulario, un vocabulario geocientífico tiene como primera y más básica funcionalidad la comunicación del conocimiento geocientífico, a través de la delimitación del dominio, describiéndolo de forma clara y concisa (Bolduc et al, 2004; ISO, 2010). Atendiendo a la definición de co-

municación de la Real Academia Española: “Descubrir, manifestar o hacer saber a alguien algo”; (RAE, 2002); la comunicación lleva implícita la comprensión, esta se puede considerar como una funcionalidad inseparable de la primera. Comunicación y comprensión se consiguen mediante la descripción de los conceptos geocientíficos, los objetos y sus características y atributos, describiéndolos, clasificándolos, siempre desde una forma estandarizada y pública. La estandarización u homogenización es un punto clave, pues con los vocabularios se pretende que diferentes usuarios de una misma comunidad empleen siempre los mismos términos para designar y definir los mismos conceptos, (Hensaw, 2007). La estandarización, comunicación y comprensión de la información geocientífica, unidas a los sistemas y tecnologías de la información, conducen de manera ineludible a introducir el concepto de interoperabilidad. La interoperabilidad no es un concepto actual, ni aplicable únicamente a los Sistemas de Información y a la Información Geocientífica. Su origen se encuentra en los problemas derivados de la distribución, heterogeneidad y autonomía o independencia de los sistemas digitales, situación que se pone de manifiesto ya en la década de los años 80 del siglo XX, (Seth, 1999). Existen muchas definiciones de interoperabilidad, normalmente propuestas por organismos públicos y organizaciones de estandarización, en el caso de la información espacial, la más aceptada es la establecida en la Norma ISO 19119 “Services”, en la que se define como “la capacidad para comunicar, ejecutar programas, o transferir datos entre varias unidades funcionales sin necesitar que el usuario tenga conocimiento de las características de esas unidades.” (ISO, 2005). Existen diversos niveles de interoperabilidad, desde la de sistemas, la más básica hasta la científica (Brodaric, 2007), la más compleja; aunque no todos los autores están de acuerdo, en general las clasificaciones propuestas son similares.

Una visión más cercana a las Ciencias de la Tierra se puede encontrar en los trabajos de Brodaric (Brodaric, 2007) y de Richard y Soller (Richard y Soller, 2009), que se centran en la interoperabilidad semántica, aquella que permite interpretar sin equívocos los conceptos que se encuentran embebidos en la terminología dentro de los sistemas de información.

Para lograr la interoperabilidad semántica, todas las partes deben observar el mismo modelo de referencia, compuesto por un esquema conceptual y un vocabulario. El vocabulario actúa en todos los niveles, desde el más alto, describiendo fenómenos, hasta el más bajo, estableciendo los valores válidos para las propiedades de dichos fenómenos, (Richard, 2006).

En consecuencia, es en este punto, la interoperabilidad, en la que los vocabularios geocientíficos desarrollan su función principal y de la cual se desprenden otras serie de beneficios en la gestión y explotación de la información geocientífica digital.

En primer lugar hay que destacar que toda la normalización derivada de la interoperabilidad, que supone la utilización de los vocabularios geocientíficos, lleva a la optimización de la explotación de la información, permitiendo lograr consultas más ajustadas a la realidad, (SLTT, 2004). La reutilización y el intercambio de la información, objetivos fundamentales que han de perseguir los generadores de información, se ven potenciados por la facilidad de comprensión de la información, en lo que se puede entender como un acercamiento de la información geológica a los distintos sectores de aplicación.

Por otro lado, mediante la utilización de vocabularios de estructura jerarquizada se ofrece la posibilidad de inferir nuevo conocimiento a partir de las consultas que puedan realizarse a través de los sistemas de información. Una situación que se puede considerar inmediatamente anterior a los sistemas ontológicos, la expresión última del nivel semántico de interoperabilidad.

Todas las funcionalidades expuestas anteriormente están claramente orientadas hacia los usuarios de la información, pero los vocabularios cumplen además importantes papeles en el lado de los generadores de los datos.

Los vocabularios pueden ser el punto de partida para el establecimiento de criterios para clasificar y especificar nueva información dentro de un dominio ya considerado. Pero además cubren aspectos importantes a la hora de la gestión de la información geocientífica, dado que ayudan a controlar los contenidos, contribuyendo a la validación y verificación de los términos que se introducen. Se evitan los errores ortográficos, se ayuda a la utilización de la unicidad terminológica, y a la consistencia de los datos con el rechazo de términos no aceptados o que induzcan a confusión.

Principales iniciativas

Mucho antes de la irrupción de la tecnología digital en la gestión y explotación de la información geocientífica ya se habían publicado diferentes tipos de trabajos encaminados a la normalización de la terminología geológica. Estos trabajos se pueden agrupar en cuatro grandes categorías: glosarios o diccionarios, tesauros, guías para la elaboración de cartografía y léxicos de unidades litoestratigráficas.

En el primer caso se trata de obras de carácter general y que constan de colecciones de términos y definiciones ordenados alfabéticamente, que se suelen publicar de forma periódica. En el ámbito internacional la obra más destacada es el "Glossary of Geology" editado por el American Geological Institute, que ya se encuentra en su quinta edición, (Neuendorf *et al.*, 2005). En el ámbito nacional se puede citar el "Volumen de Ciencias geológicas y medioambientales" encuadrado en el "Vocabulario científico y técnico" editado por la real Academia de Ciencias, (RAC, 1996), cuya cuarta edición se publicará en breve.

Los tesauros, aunque su objetivo principal es la indización y en general carecen de definiciones, contienen una serie de relaciones entre los descriptores (equivalentes a los términos de los diccionarios), como son la organización jerárquica y la sinonimia, que aportan información relevante sobre la clasificación de los términos. El "tesauro IGME de las ciencias de la Tierra", disponible en la página web del Instituto Geológico y Minero de España (<http://www.igme.es>) es un referente en la comunidad hispanohablante.

En las normas de elaboración de cartografía también se pueden encontrar conjuntos de términos, generalmente relacionados con fenómenos geológicos con representación espacial. Si bien su ámbito es mucho más restringido, pues se suelen aplicar a series nacionales de cartografía, tiene dos características reseñables: la clasificación de los términos y la representación cartográfica. La obra "Mapa Geomorfológico de España escala 1:50.000. Guía para su elaboración", (Martín-Serrano *et al.*, 2004) comprende una relación de formas del relieve y de procesos activos de unos setecientos términos aproximadamente.

El último de los grupos mencionados es el de los léxicos de unidades litoestratigráficas de ámbito limitado pues se suelen restringir a países concretos o entornos geológicos determinados. Tienen una estructura que se podría considerar de tipo "enciclopédico", pues para cada uno de los términos o unidades rocosas se incluyen numerosas propiedades que permiten su identificación, diferenciación y seguimiento, como son: edad, rango, estratotipo, unidades adyacentes, vigencia, referencias bibliográficas y fecha de alta y actualización. Actualmente se encuentran disponibles a través de la web, entre otros, los siguientes:

Geolex (United States Geological Survey, USGS), disponible en la página web: <http://ngmdb.usgs.gov/Geolex>.

Lexicon of named rock units (British Geologic Survey, BGS), disponible en la página web: <http://www.bgs.ac.uk/scripts/lexicon/home.cfm>.

WEBLEX (National Resources of Canada, NrCan), disponible en la página web: http://cgkn1.cgnk_net/weblex/weblex_e.pl.

Australian Stratigraphic Names Database (Geoscience Australia, GA), disponible en la página web: http://dbforms.ga.gov.au/www/geodx_strat_uniys.int.

GEOBANK Litoestratigrafía (Serviço Geológico do Brasil, CPRM), disponible en la página web: <http://geobank.sa.cprm.gov.br>.

Por último, y dentro de la estandarización de términos se pueden citar los trabajos sobre las divisiones del tiempo geológico realizados en el seno de la International Commission of Stratigraphy, ICS.

Las iniciativas que finalmente se exponen a continuación se caracterizan fundamentalmente por ser públicas y de acceso libre, y su objetivo principal es su uso en la información digital espacial.

Interoperability Working Group (CGI-IUGS)

En noviembre del año 2003 representantes de 15 Servicios Geológicos de Europa, Asia, América del Norte y Oceanía mantuvieron una reunión en Edimburgo (Reino Unido), en la que se acordó trabajar de forma conjunta para desarrollar estándares de información geocientífica. La recién creada Comisión para la Gestión y Aplicación de la Información Geocientífica, CGI, (Commission for the Management and Application of Geoscience Information) sería la entidad que auspiciaría las actividades, (Asch *et al.*, 2004).

La justificación de esta iniciativa se fundamenta en que las actuales demandas de información geocientífica, sumadas a las oportunidades de explotación que ofrece de ella la tecnología actual, han dado lugar a una importante serie de acciones para el desarrollo de estándares de interoperabilidad de información geocientífica.

La CGI tiene en la actualidad cuatro grupos de trabajo en marcha (www.cgi-iugs.org/tech_collaboration/home.html):

- Grupo de Trabajo de Interoperabilidad, (Interoperability Working Group).
- Grupo de Trabajo de Tesauros multilingües, (Multi-lingual Working Group).
- Foro de Metadatos, (Metadata Forum).
- Iniciativa OneGeology global (OneGeology).

El Grupo de Trabajo de Interoperabilidad tiene como objetivos (CGI, 2012):

- Desarrollar un modelo conceptual de información geocientífica a partir de modelos de datos existentes.

- Implementar el modelo en un lenguaje de esquemas consensuado.
- Desarrollar pruebas de implantación para comprobar y evaluar el potencial del modelo creado para el intercambio de información.
- Identificar las áreas que requieren clasificaciones estandarizadas para habilitar el intercambio.

Fruto de este Grupo de Trabajo se ha elaborado el denominado GeoScientific Mark-up Language (GeoSciML), un formato para la transmisión de datos geológicos espaciales que proporciona un marco para la codificación, independiente de aplicaciones, de datos geocientíficos espaciales y temáticos, (CGI-IUGS, 2012 y Richard *et al.*, 2012). Tras este formato subyace un modelo de datos y un conjunto de vocabularios de términos controlados que permitirá alcanzar un grado alto de interoperabilidad en la información que comprende la cartografía geológica, (Richard *et al.*, 2007). Ambos elementos, modelo y vocabularios son los fundamentos para la representación del conocimiento mediante sistemas de información (Richard, 2006).

El núcleo del modelo de datos es el Fenómeno Geológico (*GeologicFeature*), que se define como un fenómeno abstracto que se supone existe de forma coherente en el mundo, (CGI-IUGS, 2012 y Richard *et al.*, 2012). Un fenómeno geológico se puede representar mediante Fenómenos Cartográficos (*MappedFeature*). Por otro lado la historia geológica de un Fenómeno Geológico se materializa mediante el Evento Geológico (*GeologicEvent*), que se caracteriza por la edad geológica, el medio geológico y el proceso geológico. Se han establecido, en el modelo de GeoSciML, dos tipos de fenómenos que son subclases de fenómeno geológico: la Unidad Geológica (*GeologicUnit*) y la Estructura Geológica (*GeologicStructure*).

Gran parte de los atributos, simples o complejos, asociados a estos fenómenos están regulados por vocabularios de términos controlados. En septiembre de 2008 se habían establecido 27 vocabularios que se encontraban bajo revisión como candidatos para formar parte del lenguaje geocientífico que constituirá la base científica de la información geológica. En la tabla 1 se relacionan los vocabularios de términos actualmente desarrollados.

Con algunas excepciones la estructura general de estos vocabularios, en su versión original consistente en fichero Excel, es la siguiente:

- Hkey: Identificador permanente para el término, se compone de una secuencia de enteros separados por puntos (.) que reflejan la jerarquía entre los términos.
- Term: Nombre del término.

- Synonym: Sinónimo del término.
- Parent: Nombre del término jerárquicamente superior.
- Definition: Descripción completa del significado del término.
- SourceNote: Referencia al origen del término y su descripción.
- Discussion: Comentarios sobre la definición del término.
- CGI-URN: Nombre simple del término para su uso en las aplicaciones.

En esta iniciativa se ha otorgado una gran importancia a los vocabularios, de hecho dentro del modelo general, desarrollado en UML (Unified Modeling Language), se ha incluido un paquete específico para los conceptos y vocabularios.

En el año 2010 se procedió a transformar las tablas Excel a formato RDF (Resource Description Framework), un modelo estándar para el intercambio de datos en la web cumpliendo una serie de recomendaciones del W3C, que originalmente se ideó para la especificación de metadatos. No obstante, otras tecnologías como OWL (Ontology Web Language) y SKOS, utilizan RDF para la definición de ontologías estructuradas que permiten una mejor gestión e interoperabilidad de datos entre diferentes comunidades de usuarios a través de la web. (W3C, 2004 en <http://www.w3.org/RDF>).

British Geological Survey

Ha elaborado 211 vocabularios que incluyen información geológica, tecnológica, referencias generales y elementos cartográficos que se encuentran disponibles la página web www.bgs.ac.uk/data/services/vocabulary/1.0/home.html.

Dentro del capítulo de información geológica hay vocabularios referentes a procesos de alteración, tipos de contactos sedimentarios, relaciones entre unidades sedimentarias, forma de pliegues, geocronología, tamaño de granos, estructuras y por supuesto rocas, tabla 2.

La terminología de rocas es la que cuenta con un mayor respaldo documental, en el que se refleja un exhaustivo estudio sobre la problemática existente para su denominación de forma común y aceptada.

Esta documentación se resume en cuatro volúmenes publicados por el BGS en el año 1999 que comprenden las rocas ígneas (Gillespie y Styles, 1999), las rocas metamórficas (Robertson, 1999), los sedimentos y rocas sedimentarias (Hallsworth y Knox, 1999) y los terrenos artificiales y depósitos superficiales naturales, (McMillan, y Powell, 1999).

Nombre	Contenido
AlterationTypeTerm	Tipos de procesos de alteración
CompositionCategory	Tipos de composición de las rocas según sus características químicas, petrográficas y mineralógicas
CompoundMaterialConstituentPartRole	Papel que juega cada uno de los componentes de un material de agregación
ConsolidationDegree	Grado de consolidación basado en la dureza cualitativa de los materiales.
ContactCharacter	Tipos de cambio apreciado en el contacto entre dos unidades
ContactTypeTerm	Categorías de tipos de contactos en función de las características de las unidades
ConventionCode	Orientación de las estructuras planares
DescriptionPurpose	Grados de abstracción en la descripción de las unidades
DeterminationMethodTerm	Métodos de medida o apreciación de la orientación de las estructuras planares
EventEnvironment	Ambientes geológicos
EventProcessTerm	Procesos geológicos
FaultMovementSense	Dirección de movimiento de los cuerpos de roca a lo largo de un plano de falla
FaultMovementType	Tipos de movimiento de los cuerpos de roca a lo largo de un plano de falla
FaultType	Tipos de falla
FeatureObservationMethod	Tipos de observación de los fenómenos geológicos
FoliationTypeTerm	Tipos de foliación
GeneticCategory	Procesos genéticos que han originado los distintos tipos de materiales (sedimentos y rocas)
GeologicUnitMorphology	Morfología de las unidades
GeologicUnitPartRole	Relación y morfología de las unidades geológicas cuando constituyen unidades de rango superior. También aplicable a las "partes" que constituyen una unidad.
GeologicUnitType	Tipos de unidad cartográfica
LineationTypeTerm	Tipos de lineación
LithologyTerm	Nombres de rocas y sedimentos
MappedFeatureObservationMethod	Métodos para la determinación de la extensión espacial de los fenómenos.
MetamorphicFacies	Asociaciones o facies minerales indicadoras de las condiciones de presión y temperatura del proceso metamórfico
MetamorphicGrade	Intensidad o rango del metamorfismo
ParticleAspectRatio	Geometría de las partículas a partir de la relación entre la longitud de los tres ejes
ParticleShape	Forma de las partículas en función de los desarrollos de caras en los cristales de las rocas cristalinas y de la esfericidad de los granos en las rocas sedimentarias
ParticleSorting	Clasificación de las partículas
ParticleType	Naturaleza de las partículas de cada uno de los componentes de una agregación de materiales, establecida principalmente por criterios genéticos
ProportionTerm	Abundancia cualitativa de los componentes de una unidad
StratigraphicRank	Tipos de unidades estratigráficas
ValueQualifier	Medidas estadísticas para la asignación de valores
VocabularyRelation	Conceptos aceptados en la estructura de vocabularios de términos controlados

Tabla 1. Vocabularios del IWG-CGI.
Table 1. IWG-CGI vocabularies.

Nombre	Contenido
DIC_ALTERATION	Proceso o resultado del proceso que conduce a la modificación de la fábrica, composición u otra propiedad física o química de una roca pre-existente o sedimento
DIC_AXIAL_PLANE_ATT	Ejes de pliegues descritos en términos de “plunge” y azimut
DIC_BASE_BED	Naturaleza del muro o base de las capas en los sondeos
DIC_BEDDING_TYPE	Estratificación sedimentaria primaria donde la dirección y buzamiento se ha medido en un puntos concreto
DIC_BOUNDARY_RELATIONSHIP	Relaciones entre las unidades separadas por contactos geológicos
DIC_BS812_LITHOLOGY	812 términos básicos de rocas del BGS
DIC_CERTAINTY	Grados de certidumbre relativos a la observación o interpretación de fenómenos representados en los mapas geológicos
DIC_DEFORMATION_EPISODE	Fases de episodios de deformación durante los que una estructura se ha podido formar
DIC_FAULT_DISPL	Sentido de desplazamiento a lo largo de una falla o de una zona de cizalla
DIC_FOLD_SHAPE	Forma de los pliegues vistos perpendicularmente al plano axial, basado en el ángulo entre los limbos
DIC_GRAIN_SHAPE	Formas de granos
DIC_GRAIN_SHAPE_5930	Formas de granos utilizando el esquema BS5930
DIC_GRAIN_SHAPE_BGS	Formas de granos utilizando el esquema BGS RCS
DIC_GRAIN_SIZE	Tamaños de grano (sin medidas en mm)
DIC_GRAIN_SORT	Tipos de “sorting”
DIC_IGN_PLANAR	Estructuras ígneas planares primarias
DIC_INTERNAL_STRUCTURE	Estructuras sedimentarias internas
DIC_LANDFORM_TYPE	Formas del relieve
DIC_MINERAL	Minerales
DIC_MJR_AREL_STR_TYPE	Elementos estructurales principales de representación areal (o poligonal)
DIC_MJR_LIN_STR_TYPE	Elementos estructurales principales de representación lineal
DIC_MOVEMENT_TYPE	Tipos de movimiento de deslizamientos en masa
DIC_PLANR_STRU_T	Clases de estructuras planares
DIC_RCS_AMOUNT	Importancia de un tipo de roca singular en una unidad
DIC_RCS_STATUS	Tipos de vigencia (estatus)
DIC_ROCK_ALL	Esquema completo de clasificación de rocas del BGS
DIC_ROCK_ALL_SOURCE	Tablas originales empleadas para la clasificación de rocas
DIC_ROCK_CLASS	Relaciones padre/hijo de la clasificación de rocas
DIC_ROCK_HIERARCHY	Tipos de jerarquías definidos en DIC_ROCK_CLASS
DIC_SED_STRUCT	Estructuras sedimentarias
DIC_TECT_FOLIATION	Tipos de foliaciones secundarias (tectónicas o metamórficas)
DIC_VEIN_FORM	Morfología de diques (“veins”) en superficie
DIC_VEIN_NAME	Nombre de diques (“veins”) en los mapas
DIC_WAYUP	Dirección de superposición inferida en depósitos estratiformes

Tabla 2. Vocabularios del British Geological Survey

Table 2. *British Geological Survey vocabularies*

United States Geological Survey (USGS) y National Resources of Canada (NRCan)

En el año 1999 se creó el North American Data Model Steering Committee (NADMSC) con el objetivo de desarrollar:

- Un modelo conceptual para almacenar datos digitales.
- Un lenguaje científico estándar para la interpretación, clasificación y descripción de los materiales y estructuras geológicas.
- Una serie de herramientas para la introducción y extracción de información.
- Metodologías y técnicas para el intercambio de datos de diferentes formatos y estructuras.

Todos ellos elementos clave para la explotación de las bases de datos de mapas geológicos, (SLTT, 2004).

Para el desarrollo del lenguaje científico se formó el Science Language Technical Team (SLTT) compuesto por 62 miembros repartidos en varios subgrupos de trabajo de orientación genética. En la página <http://ngmdb.usgs.gov/Info/standards/> se puede encontrar toda la información referente a este Comité.

El objetivo del SLTT era desarrollar un lenguaje científico estándar para la descripción, clasificación e interpretación de los materiales terrestres en las bases de datos de mapas geológicos, (SLTT, 2004). Este lenguaje deberá facilitar un marco lógico, consistente y jerárquico para nombrar y clasificar los materiales y para describir sus características físicas y su génesis, basado principalmente en la metodología empleada para la elaboración de cartografía geológica.

Su primera actividad fue el denominado "20 Queries exercise", (ejercicio de 20 preguntas), en el que cada uno de los miembros realizó 20 preguntas a una hipotética base de datos con un doble objetivo:

1. Realizar un análisis de requisitos y determinar qué productos se utilizan y cómo se puede organizar y estructurar la información desde el punto de vista de contenidos y lenguajes.
2. Hacer una reflexión sobre los conceptos que deben considerarse en las bases de datos de mapas geológicos relacionados con la nomenclatura, relaciones y consultas de información sobre materiales y estructuras geológicas.

Este "ejercicio" dio como resultado una lista de 1.400 términos aproximadamente, entre nombres, verbos, adjetivos, modificadores y cualificadores que se encontrarían en las consultas a una hipotética base de datos de mapas geológicos. Para la elaboración de esta primera lista se contó con los trabajos del BGS relativos a su esquema de clasificación de rocas.

La lista, al margen del nombre de rocas y de unidades cronológicas, incluye expresiones de comparación (">50% quartz"), depósitos superficiales, procesos sedimentarios, hidrogeología, contactos geológicos, estructuras, procesos activos y criterios de relación espacial, entre otros. Toda la información relacionada con esta iniciativa se puede encontrar en la página <http://ngmdb.usgs.gov/www-nadm/slitt/index.html>.

Tras una revisión del propio SLTT, una siguiente del NADMSC y finalmente una tercera de la comunidad geológica de América del Norte, se publicó en el año 2003 la primera versión del lenguaje científico. Para su elaboración se hizo uso de cinco trabajos previos: los ya mencionados del BGS, los de la International Union of Geological Sciences (IUGS), el International Union of Quaternary Research (INQUA), el Geological Survey of Canada (GSC) y el Federal Geographic Data Committee (FGDC), (NAGMDM-SLTT, 2004).

El lenguaje, de estructura jerárquica, incluye la definición de 14 conceptos generales –caracterizar, clasificar, término controlado, definir, describir, descripción, material terrestre, caso, unidad cartográfica, litotipo, modificador, nombre, necesario, estándar- para evitar equívocos en la interpretación de la documentación.

Los vocabularios, tabla 3, y toda la documentación relacionada con el modelo de datos se encuentra disponible en la página <http://ngmdb.usgs.gov/Info/standards/NCGMP09>.

El proyecto Onegeology-Europe

OneGeology-Europe, iniciado en septiembre de 2008 y finalizado en octubre de 2010, es un proyecto financiado por la Unión Europea dentro del Programa *eContentplus* con un presupuesto de 3.250.000 € de los que la UE aportó el 80%.

El consorcio creado para la ejecución de este proyecto estaba constituido por 29 socios pertenecientes a 20 países europeos, representados al menos mediante su Servicio Geológico u organismo equivalente, que actuaba como proveedor de datos, (OneGeology-Europe Consortium, 2010).

Su origen está en el Proyecto OneGeology, una iniciativa materializada en una reunión celebrada en Brighton en marzo de 2006 en la que participaron representantes de Servicios Geológicos y organismos afines de 43 naciones y fue una de las aportaciones de los Servicios Geológicos al Año Internacional del Planeta Tierra. El objetivo del proyecto OneGeology era crear un mapa geológico del mundo accesible mediante la web a escala aproximadamente 1:1.000.000

Nombre	Contenido
GeologicEvent	Procesos geológicos. (Equivale a EventProcess200811 del IWG-CGI)
LocationMethod	Método de observación de los fenómenos geológicos. (Equivale a FeatureObservationMethod200811 del IWG-CGI)
PartType	Relación y morfología de las unidades geológicas cuando constituyen unidades de rango superior. También aplicable a las "partes" que constituyen una unidad. (Equivale a GeologicUnitPartRole200811 del IWG-CGI)
PropertyValue	Grado o proporción con el que se correlacionan los valores de una propiedad o relación con el conjunto de fenómenos observados.
ProportionTerm	Abundancia cualitativa de los componentes de una unidad. (Equivale a ProportionTerm200811 del IWG-CGI)
ScientificConfidence	Grado de certidumbre en la identificación de fenómenos y valoración de propiedades.
StandardLithology	Nomenclatura de rocas, sedimentos y materiales. (149 términos). (Equivale a SimpleLithology200811 del IWG-CGI)

Tabla 3. Vocabularios del proyecto National Geological Map Data Base (USGS-NRCan)

Table 3. National Geological Map Data Base project (USGS-NRCan) vocabularies

con los mejores datos que cada país pueda suministrar.

Sin embargo, el proyecto OneGeology-Europe, (<http://www.onegeology-europe.eu>), financiado por la Unión Europea (ECP-2007-GEO-317001), tenía unos objetivos más ambiciosos, pues no se trataba únicamente de suministrar a través de Internet la información geológica de ámbito nacional, escala 1:1.000.000 de referencia, de los países participantes. La armonización de los datos y su difusión a través de Internet se puede considerar como el objetivo esencial del proyecto y esta armonización cubría los siguientes aspectos: modelo de datos, terminología y ajuste espacial y semántico transfronterizo. Estos tres aspectos eran la base para la interoperabilidad real de la información geológica europea. Como otros objetivos del proyecto se puede citar: impulsar GeoSciML como estándar de intercambio de información geológica, facilitar la reutilización de la información geológica y abordar ciertos aspectos de multilingüismo.

Los metadatos en OneGeology-Europe

Los metadatos resultan esenciales para el descubrimiento, localización y valoración de los datos espacial y en el caso del proyecto OneGeology-Europe suponen una importante contribución en sí mismos además de ser una de las claves para el éxito del proyecto.

Para establecer un perfil de metadatos propio del proyecto se realizó primero un inventario de los metadatos existentes en los diferentes servicios geocientíficos y se analizaron los documentos normativos vigentes: Norma ISO 19115, Norma ISO 19119 y Directiva europea 2007/2/CE (Inspire), (OneGeology-Europe Consortium, 2010a). El perfil de metadatos de datos resultante cuenta con 41 etiquetas, de las que 29 son obligatorias, y para parte de ellas se han creado listas de términos específicas.

El multilingüismo es una de las propiedades más destacables de los metadatos del catálogo resultante. Las palabras que constituyen las listas, así como el nombre de cada conjunto de datos y su descripción, han sido traducidos a los 18 idiomas. Esto supone que una de las barreras más importantes para la búsqueda y valoración de información ha quedado superada.

En el catálogo de metadatos, accesible en la página web <http://one.geology.cz/>, se permite la búsqueda de conjuntos de datos y su visualización, figura 1.

El modelo de datos de OneGeology-Europe

El diseño del modelo de datos del proyecto se realizó teniendo en cuenta tres elementos: los requerimientos de los usuarios, las necesidad de estandarizar determinados conceptos y los modelos de datos existentes, incluyendo las instrucciones de la Directiva Inspire. Tras un análisis de esos factores se llegó a la conclusión de que el modelo formulado por el grupo de trabajo de interoperabilidad de la CGI-IUGS, que sirve de soporte a GeoSciML, cubría prácticamente todos los aspectos y por lo tanto sería el punto de partida para el modelo de datos de OneGeology-Europe, que además se basa en normas ISO (International Organization for Standardization) y estándares OGC



Figura 1. Visualizador de metadatos del Proyecto OneGeology-Europe
Figure 1. Geoportal metadata viewer of the OneGeology-Project

(Open Geospatial Consortium), (Serrano *et al.* 2009, OneGeology-Europe Consortium, 2010b).

El núcleo del modelo, como se puede apreciar en la figura 2, es el fenómeno geológico (*GeologicFeature*), que se define como “un fenómeno conceptual que se supone que existe de forma coherente en el mundo real”, y que se corresponde con cualquier fenómeno presente en la leyenda de un mapa geológico, (<http://www.geosciml.org/geosciml/3.0/doc/>). Sus atributos son un identificador (*geologicFeature_Id*), un nombre opcional (*name*), el método de observación del fenómeno, también opcional (*observationMethod*) y el propósito con el que se ha descrito el fenómeno (*purpose*).

En el ámbito de este proyecto, todos los fenómenos geológicos considerados tienen al menos una representación espacial (*MappedFeature*), que se caracteriza por el método de observación (*observation-method*), la exactitud espacial (*positionalAccuracy*), el horizonte en el que se ha identificado y representado (*samplingFrame*) y la forma (*shape*).

Los fenómenos geológicos se han originado bajo uno o más eventos geológicos (*GeologicEvent*), otro de los elementos fundamentales del modelo. Los cuatro atributos establecidos para los eventos geológicos son todos ellos obligatorios: nombre (*name*), edad, que se describe en términos de edad inferior y

de edad superior (*lowerAge* y *upperAge* respectivamente), proceso geológico (*eventProcess*) y ambiente geológico (*eventEnvironment*).

Los fenómenos geológicos se han subdividido a su vez en otras dos clases de fenómenos: unidades geológicas (*GeologicUnit*) y estructuras geológicas (*GeologicStructure*). La unidad geológica es el fenómeno más importante del modelo pues la mayor parte de las consultas a la cartografía geológica se realizan sobre ellas. Al margen de los atributos que heredan de los fenómenos geológicos, las unidades geológicas cuentan con cinco atributos, todos ellos opcionales: descripción (*description*), tipo de unidad geológica (*geologicUnitType*), rango de la unidad (*rank*), morfología (*geologicUnitMorphology*) y potencia (*unitThickness*). Las unidades geológicas se componen de partes constituyentes (*CompositionPart*), cada una de ellas comprende una o varias litologías (*lithology*) y se caracterizan por la disposición (*role*) y la proporción (*proportion*). Es posible describir los aspectos esenciales de las rocas metamórficas mediante su facies (*metamorphicFacies*), su grado (*metamorphicGrade*) y el protolito (*protolithLithology*).

Por lo que se refiere a las estructuras geológicas establecidas en el modelo se podría decir que son ciertamente muy limitadas, pues se restringen a fa-

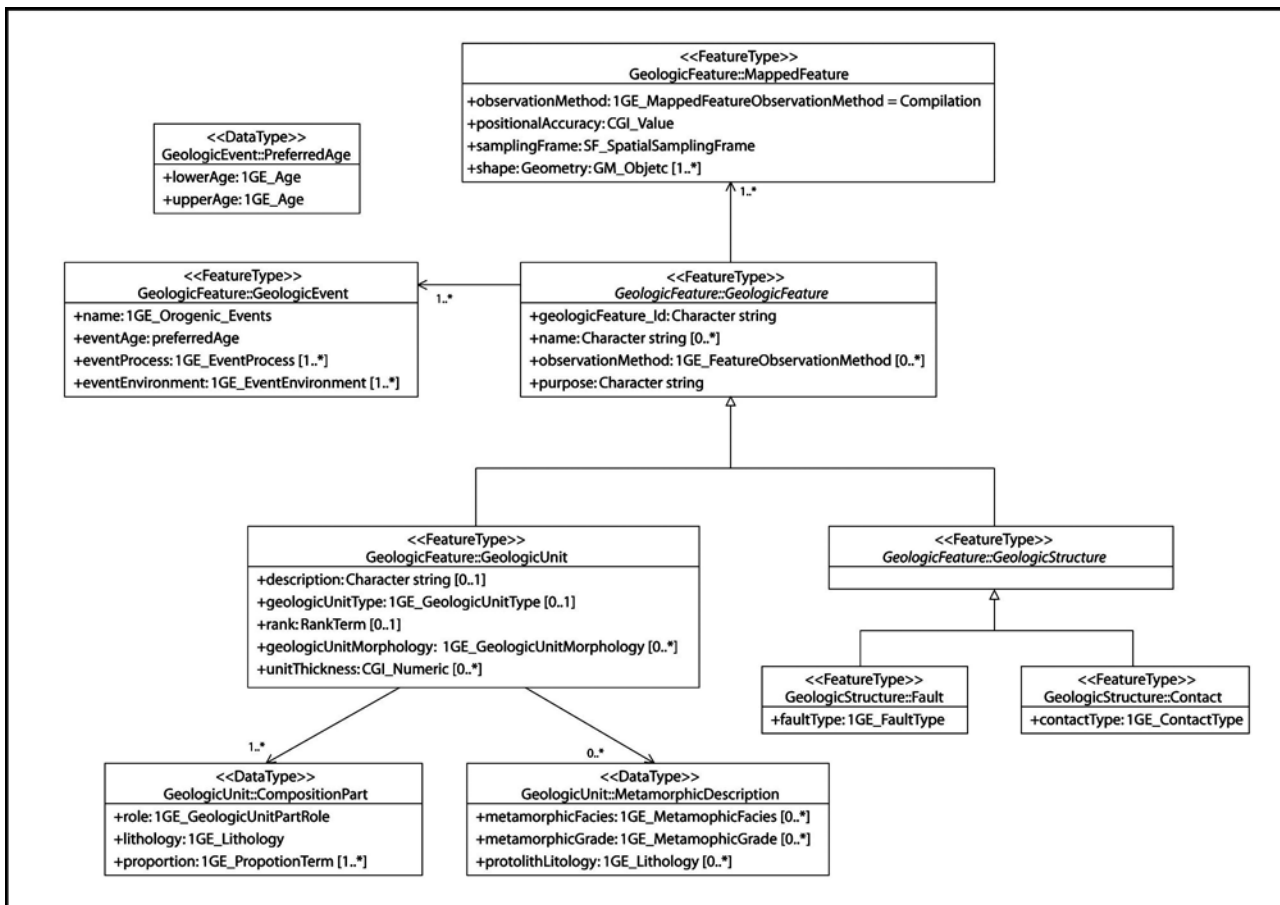


Figura 2. Esquema de aplicación simplificado del Proyecto OneGeology-Europe
 Figure 2. Simplified Application Scheme of the OneGeology-Project

llas (*Fault*) y contactos (*Contact*), ambas con una única propiedad directa, que es el tipo (*faultType* y *contactType* respectivamente).

Los vocabularios de OneGeology-Europe

Como ya se ha mencionado, la armonización de la información geológica era uno de los objetivos principales del proyecto OneGeology-Europe y esta armonización o ajuste y homogeneización, debía cubrir tanto aspectos geométricos como conceptuales, (OneGeology-Europe Consortium, 2010c).

Al igual que en el caso del modelo de datos, anteriormente expuesto, para los vocabularios se ha partido de estándares ya existentes y entre ellos el fundamental ha sido el resultante de la iniciativa promovida por la Comisión para la Aplicación y Gestión de la Información Geocientífica de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (CGI-IUGS).

De los vocabularios creados en esta iniciativa, expuestos en el punto anterior, se seleccionaron aquellos que permiten definir con detalle las unidades

cartográficas, contactos geológicos y fallas; extrayéndose aquellos términos que eran más adecuados para el contexto geológico europeo y teniéndose presente el análisis de las necesidades de los usuarios llevado a cabo en el marco del proyecto.

La primera versión de los vocabularios fue elaborada por expertos de los nueve servicios geológicos que constituían el grupo de trabajo de la actividad número 3, liderada por Kristine Asch perteneciente al Servicio Geológico de Alemania, (BGR). Posteriormente fueron revisados por los servicios geológicos de los 20 países que han constituido el núcleo del consorcio del proyecto.

Alcanzar un acuerdo, especialmente en la terminología de rocas, resultó ser una ardua tarea ya que era necesario conciliar las directrices de la clasificación del vocabulario de la CGI-IUGS, las diferencias en el uso de términos de cada país y las diferencias en la precisión de los términos empleados en los mapas geológicos nacionales motivadas por las diversas escalas empleadas fruto de la extensión de cada uno de ellos. De todas formas, y con relación a este punto, se estableció que el ámbito de aplicación de los vocabularios habría de limitarse a los mapas geológicos

Nombre	Contenido
1GE_Ages	Edades geológicas
1GE_ContactType	Tipos de contactos geológicos
1GE_EventEnvironment	Ambientes geológicos
1GE_EventProcess	Procesos geológicos
1GE_FaultType	Tipos de fallas
1GE_FeatureObservationMethod	Tipos de observación de los fenómenos
1GE_GeologicUnitMorphology	Morfología de las unidades
1GE_GeologicUnitPartRole	Relación y morfología de las unidades geológicas cuando constituyen unidades de rango superior. También aplicable a las "partes" que constituyen una unidad.
1GE_GeologicUnitType	Tipo de unidad cartográfica
1GE_Lithology	Litologías (tipos de rocas simples)
1GE_MappedFeatureObservationMethod	Métodos para la determinación de la extensión espacial de los fenómenos.
1GE_MetamorphicFacies	Facies de metamorfismo
1GE_MetamorphicGrade	Grados de metamorfismo
1GE_Orogenic_Events	Eventos orogénicos
1GE_ProportionTerms	Proporción entre los diferentes subunidades que componen una unidad geológica

Tabla 4. Vocabularios del proyecto OneGeology-Europe

Table 4. *OneGeology-Europe project vocabularies*

nacionales, sobre todo a escala 1:1.000.000, (OneGeology-Europe Consortium 2010b).

El número de vocabularios establecidos fue de 15 en total y regulan la mayoría de los atributos de los fenómenos propuestos en el modelo, tabla 4.

Todos los vocabularios mantienen en general una estructura común, tabla 5, que va más allá de la designación y de la definición de cada concepto aportando datos sobre jerarquía y origen de los términos. La diferencia más sustancial se encuentra en el vocabulario de edades, donde se han incluido los límites inferior y superior de cada tramo expresados en millones de años.

La jerarquía de los términos está presente en todos los vocabularios y se encuentra codificada en el elemento "notation". La jerarquía es absoluta, es decir, el

código de cada término permite reconstruir de forma directa la línea de términos superiores y todos los términos inferiores.

Como en el caso de los metadatos, el multilingüismo ha sido un factor esencial en la concepción y confección de los vocabularios. No en vano, la interoperabilidad y reutilización de la información se verán siempre fomentadas si se han implantado los mecanismos necesarios para la comprensión de los datos por el máximo espectro de usuarios. Tanto es así que el multilingüismo era uno de los principales objetivos del proyecto. En los vocabularios, se ha resuelto con la traducción de cada uno de las designaciones de los términos a las 18 lenguas de uso oficial en los países que formaron parte del consorcio.

Elemento	Definición
notation	Identificador permanente para el término. Se compone de una serie de letras que indican el tema, seguido de una secuencia de números enteros separados por puntos (.) que reflejan la jerarquía entre los términos
prefLabel	Nombre o designación concisa del término legible y comprensible
altLabel	Términos sinónimos o relacionados
definition	Descripción completa del término
historyNote	Origen del término

Tabla 5. Estructura de los vocabularios del proyecto OneGeology-Europe

Table 5. *Structure of the OneGeology-Europe project vocabularies*

Vocabulario de métodos de observación de fenómenos (1GE_FeatureObservationMethod)

Contiene únicamente dos términos con los que se refleja el origen del fenómeno, ya sea una única publicación o múltiples publicaciones:

- Datos procedentes de una única descripción publicada.
- Síntesis de múltiples descripciones publicadas.

Vocabulario de métodos de observación de fenómenos cartografiados (1GE_MappedFeatureObservationMethod)

Al ser cartografía a escala 1:1.000.000 o a escalas adecuadas para la representación de todo un país en un único documento cartográfico, se asume que los fenómenos representados en la cartografía proceden de la compilación de otros trabajos previos, no realizándose trabajos cartográficos de campo. Por lo tanto este vocabulario solo incluye un término:

- Compilación.

Vocabulario de eventos orogénicos (1GE_OrogenicEvents), tabla 6

El vocabulario de eventos orogénicos no tiene equivalente en los establecidos en el CGI-IUGS. Comprende 15 términos en dos niveles jerárquicos de nombres de los episodios orogénicos más importantes que han afectado al continente europeo.

Clave (notation)	Término
coe.1	Alpino
coe.1.1	Alpino tardío
coe.1.2	Alpino medio
coe.1.3	Alpino precoz
coe.2	Varisco
coe.2.1	Varisco tardío
coe.2.2	Varisco medio
coe.2.3	Varisco precoz
coe.3	Caledónico
coe.4	Cadomiense
coe.5	Sveconorweigense
coe.6	Halladiense
coe.7	Gothiense
coe.8	Svecokareliense
coe.9	Arcaico

Tabla 6. Vocabulario de eventos orogénicos
Table 6. Orogenic event vocabulary

Vocabulario de procesos geológicos (1GE_EventProcess), tabla 7

Los términos de este vocabulario permiten precisar la historia de los diferentes fenómenos geológicos

Clave (notation)	Término
ep	Proceso geológico
ep1	Proceso sedimentario
ep1.1	Erosión
ep1.2	Deposición
ep1.2.1	Deposición mecánica
ep1.2.1.1	Deposición turbidítica
ep1.2.1.2	Deposición por debris -flow
ep1.2.1.3	Deposición por remoción en masa
ep1.2.2	Precipitación química
ep1.2.3	Acumulación orgánica
ep1.2.4	Precipitación biológica
ep2	Proceso magmático
ep2.1	Erupción
ep2.1.1	Erupción piroclástica
ep2.1.1.1	Erupción vulcaniana
ep2.1.2	Erupción estromboliana
ep2.2	Intrusión
ep2.3	Fusión
ep2.3.1	Fusión Parcial
ep3	Proceso tectónico
ep3.1	Acreción
ep3.2	Colisión continental
ep3.3	Ruptura continental
ep3.3.1	Rifting
ep3.4	Falla de transformación
ep3.5	Subducción
ep3.6	Expansión
ep3.7	Obducción
ep3.8	Proceso orogénico
ep4	Proceso metamórfico
ep4.1	Alteración
ep5	Deformación
ep5.1	Fracturación
ep5.2	Fallado
ep6	Meteorización
ep6.1	Termoclasticidad
ep7	Actividad antrópica
ep8	Impacto del espacio exterior
ep8.1	Impacto de cometa
ep8.2	Impacto meteorítico

Tabla 7. Vocabulario de procesos geológicos
Table 7. Geologic process vocabulary

cartografiados, especialmente las unidades cartográficas.

Cuenta con 40 términos con cuatro niveles de jerarquía:

Vocabulario de ambientes geológicos (1GE_EventEnvironment), tabla 8

Comprende 42 términos con una jerarquía de cinco niveles clasificados en torno a tres grandes grupos:

Clave (notation)	Término
ee1	Ambiente superficial terrestre
ee1.01	Ambiente terrestre
ee1.01.1	Ambiente lacustre
ee1.01.2	Ambiente fluvial
ee1.02	Ambiente de ladera
ee1.03	Ambiente climático tropical húmedo
ee1.04	Ambiente climático polar
ee1.05	Ambiente relacionado con el medio glaciar
ee1.06	Ambiente subacuático
ee1.06.1	Ambiente marino
ee1.06.1.1	Ambiente arrecifal
ee1.06.1.2	Ambiente de fondos oceánico
ee1.06.1.3	Ambiente de plataforma continental
ee1.06.1.4	Ambiente epicontinental marino
ee1.06.1.5	Ambiente batial
ee1.06.1.6	Ambiente de cadenas submarinas
ee1.06.1.6.1	Ambiente de dorsal oceánica
ee1.06.1.6.2	Ambiente de meseta oceánica
ee1.07	Ambiente litoral
ee1.07.1	Ambiente deltaico
ee1.07.2	Ambiente de llanura costera
ee1.08	Ambiente lacustre y endorreico
ee1.08.1	Ambiente palustre
ee1.08.1.1	Ambiente palustre ombrotrofico
ee1.08.1.2	Ambiente palustre de manto
ee1.09	Ambiente subaéreo
ee1.09.1	Ambiente eólico
ee1.09.2	Ambiente de piedemonte
ee1.10	Cueva
ee2	Ambiente endógeno
ee2.1	Ambiente de baja presión y alta temperatura
ee2.2	Ambiente endógeno de alta presión y baja temperatura
ee2.3	Ambiente cortical de muy alta presión
ee3	Ambiente tectónico
ee3.1	Ambiente de margen continental pasivo
ee3.2	Ambiente de margen de placa
ee3.2.1	Ambiente de trasarco
ee3.2.2	Ambiente de arco volcánico
ee3.3	Ambiente de antearco
ee3.4	Ambiente colisional
ee3.5	Ambiente de antepaís
ee3.6	Ambiente orogénico interno

Tabla 8. Vocabulario de ambientes geológicos

Table 8. *Geologic environment vocabulary*

ambiente superficial terrestre, ambiente endógeno y ambiente tectónico.

El término tectónico agrupa los ambientes geológicos establecidos dentro de la dinámica de la tectónica de placas.

Vocabulario de edades geológicas (1GE_Ages), tabla 9

Se adoptó como obligatoria la Carta Internacional Estratigráfica de la IUGS (International Union of Geolo-

Clave (notation)	Término	Clave (notation)	Término
a1.1	Fanerozoico	a1.1.2.1	Cretácico
a1.1.1	Cenozoico	a1.1.2.1.1	Cretácico Superior
a1.1.1.1	Cuaternario	a1.1.2.1.1.1	Maastrichtiense
a1.1.1.1.1	Holoceno	a1.1.2.1.1.2	Campaniense
a1.1.1.1.2	Pleistoceno	a1.1.2.1.1.3	Santoniense
a1.1.1.1.2.1	Pleistoceno Superior	a1.1.2.1.1.4	Coniaciense
a1.1.1.1.2.2	Ioniense	a1.1.2.1.1.5	Turonense
a1.1.1.1.2.3	Calabriense	a1.1.2.1.1.6	Cenomaniense
a1.1.1.1.2.4	Gelasiense	a1.1.2.1.2	Cretácico Inferior
a1.1.1.2	Neógeno	a1.1.2.1.2.1	Albiense
a1.1.1.2.1	Plioceno	a1.1.2.1.2.2	Aptiense
a1.1.1.2.1.1	Plazenciense	a1.1.2.1.2.3	Barremiense
a1.1.1.2.1.2	Zanclayense	a1.1.2.1.2.4	Hauteviriense
a1.1.1.2.2	Mioceno	a1.1.2.1.2.5	Valanginiense
a1.1.1.2.2.1	Messiniense	a1.1.2.1.2.6	Berriasiense
a1.1.1.2.2.2	Tortonense	a1.1.2.2	Jurásico
a1.1.1.2.2.3	Serravalliense	a1.1.2.2.1	Jurásico Superior
a1.1.1.2.2.4	Langhiense	a1.1.2.2.1.1	Tithoniense
a1.1.1.2.2.5	Burdigaliense	a1.1.2.2.1.2	Kimmeridgiense
a1.1.1.2.2.6	Aquitaniense	a1.1.2.2.1.3	Oxfordiense
a1.1.1.3	Paleógeno	a1.1.2.2.2	Jurásico Medio
a1.1.1.3.1	Oligoceno	a1.1.2.2.2.1	Calloviense
a1.1.1.3.1.1	Chattense	a1.1.2.2.2.2	Bathoniense
a1.1.1.3.1.2	Rupeliense	a1.1.2.2.2.3	Bajociense
a1.1.1.3.2	Eoceno	a1.1.2.2.2.4	Aalenense
a1.1.1.3.2.1	Priaboniense	a1.1.2.2.3	Jurásico Inferior
a1.1.1.3.2.2	Bartoniense	a1.1.2.2.3.1	Toarciense
a1.1.1.3.2.3	Luteciense	a1.1.2.2.3.2	Pliensbachiense
a1.1.1.3.2.4	Ypresiense	a1.1.2.2.3.3	Sinemuriense
a1.1.1.3.3	Paleoceno	a1.1.2.2.3.4	Hettagiense
a1.1.1.3.3.1	Thanetiense	a1.1.2.3	Triásico
a1.1.1.3.3.2	Selandiense	a1.1.2.3.1	Triásico Inferior
a1.1.1.3.3.3	Daniense	a1.1.2.3.1.1	Rhetiense
a1.1.2	Mesozoico	a1.1.2.3.1.2	Noriense

Tabla 9. Vocabulario de edades geológicas
Table 9. *Geologic age vocabulary*

Clave (notation)	Término	Clave (notation)	Término
a1.1.2.3.1.3	Carniense	a1.1.3.4.1	Prídoli
a1.1.2.3.2	Triásico Medio	a1.1.3.4.2	Ludlow
a1.1.2.3.2.1	Ladiniense	a1.1.3.4.2.1	Ludfordiense
a1.1.2.3.2.2	Anisiense	a1.1.3.4.2.2	Gorstiense
a1.1.2.3.3	Triásico Inferior	a1.1.3.4.3	Wenlock
a1.1.2.3.3.1	Olenekiense	a1.1.3.4.3.1	Homeriense
a1.1.2.3.3.2	Induense	a1.1.3.4.3.2	Sheinwoodiense
a1.1.3	Palozoico	a1.1.3.4.4	Llandovery
a1.1.3.1	Pérmico	a1.1.3.4.4.1	Telychiense
a1.1.3.1.1	Lopingiense	a1.1.3.4.4.2	Aeroniense
a1.1.3.1.1.1	Changsingiense	a1.1.3.4.4.3	Rhuddaniense
a1.1.3.1.1.2	Wuchiapingiense	a1.1.3.5	Ordovícico
a1.1.3.1.2	Guadalupiense	a1.1.3.5.1	Ordovícico Superior
a1.1.3.1.2.1	Capitaniense	a1.1.3.5.1.1	Hirnantense
a1.1.3.1.2.2	Wordiense	a1.1.3.5.1.2	Katiense
a1.1.3.1.2.3	Roadiense	a1.1.3.5.1.3	Sandbiense
a1.1.3.1.3	Cisuraliense	a1.1.3.5.2	Ordovícico Medio
a1.1.3.1.3.1	Kunguriense	a1.1.3.5.2.1	Darriwiliense
a1.1.3.1.3.2	Artinskiense	a1.1.3.5.2.2	Dapingiense
a1.1.3.1.3.3	Sakmariense	a1.1.3.5.3	Ordovícico Inferior
a1.1.3.1.3.4	Asseliense	a1.1.3.5.3.1	Floiense
a1.1.3.2	Carbonífero	a1.1.3.5.3.2	Tremadociense
a1.1.3.2.1	Pennsylvaniense	a1.1.3.6	Cámbrico
a1.1.3.2.1.1	Pennsylvaniense Superior	a1.1.3.6.1	Furogiense
a1.1.3.2.1.1.1	Gzeliense	a1.1.3.6.1.1	Cámbrico-Piso 10
a1.1.3.2.1.1.2	Kasimoviense	a1.1.3.6.1.2	Cámbrico-Piso 9
a1.1.3.2.1.2	Moscoviense	a1.1.3.6.1.3	Paibiense
a1.1.3.2.1.3	Bashkiriense	a1.1.3.6.2	Cámbrico-Serie 3
a1.1.3.2.2	Mississippiense	a1.1.3.6.2.1	Guzhangense
a1.1.3.2.2.1	Serpulkhoviense	a1.1.3.6.2.2	Drumiense
a1.1.3.2.2.2	Viseense	a1.1.3.6.2.3	Cámbrico-Serie 3-Piso 5
a1.1.3.2.2.3	Tournaisiense	a1.1.3.6.3	Cámbrico-Serie 2
a1.1.3.3	Devónico	a1.1.3.6.3.1	Cámbrico-Piso 4
a1.1.3.3.1	Devónico Superior	a1.1.3.6.3.2	Cámbrico-Piso 3
a1.1.3.3.1.1	Fameniense	a1.1.3.6.4	Terreneuviense
a1.1.3.3.1.2	Frasniense	a1.1.3.6.4.1	Cámbrico-Piso 2
a1.1.3.3.2	Devónico Medio	a1.1.3.6.4.2	Fortuniense
a1.1.3.3.2.1	Givetiense	a2	Precámbrico
a1.1.3.3.2.2	Eifeliense	a2.1.	Proterozoico
a1.1.3.3.3	Devónico Inferior	a2.1.1	Neoproterozoico
a1.1.3.3.3.1	Emsiense	a2.1.1.1	Ediacariense
a1.1.3.3.3.2	Praguiense	a2.1.1.2	Criogeniense
a1.1.3.3.3.3	Lochkoviense	a2.1.1.3	Toniense
a1.1.3.4	Silúrcio	a2.1.1.3.1	Toniense 2 *

Tabla 9. Vocabulario de edades geológicas (cont.)

Table 9. Geologic age vocabulary (cont.)

Clave (notation)	Término
a2.1.1.3.2	Toniense 1 *
a2.1.2	Mesoproterozoico
a2.1.2.1	Esteniense
a2.1.2.1.1	Esteniense 2 *
a2.1.2.1.2	Esteniense 1 *
a2.1.2.2	Ectasiense
a2.1.2.2.1	Ectasiense 4 *
a2.1.2.2.2	Ectasiense 3 *
a2.1.2.2.3	Ectasiense 2 *
a2.1.2.2.4	Ectasiense 1 *
a2.1.2.3	Calymmiense
a2.1.2.3.1	Calymmiense 4 *
a2.1.2.3.2	Calymmiense 3 *
a2.1.2.3.3	Calymmiense 2 *
a2.1.2.3.4	Calymmiense 1 *
a2.1.3	Paleoproterozoico
a2.1.3.1	Statheriense
a2.1.3.1.1	Statheriense 4 *
a2.1.3.1.2	Statheriense 3 *
a2.1.3.1.3	Statheriense 2 *
a2.1.3.1.4	Statheriense 1 *
a2.1.3.2	Orosiriense
a2.1.3.2.1	Orosiriense 7 *
a2.1.3.2.2	Orosiriense 6 *
a2.1.3.2.3	Orosiriense 5 *
a2.1.3.2.4	Orosiriense 4 *
a2.1.3.2.5	Orosiriense 3 *
a2.1.3.2.6	Orosiriense 2 *
a2.1.3.2.7	Orosiriense 1 *
a2.1.3.3	Ryaciense
a2.1.3.4	Sideriense
a2.1.3.4.1	Sideriense 2 *
a2.1.3.4.2	Sideriense 1 *
a2.2	Arcaico
a2.2.1	Neoarcaico
a2.2.1.1	Neoarcaico 2 *
a2.2.1.2	Neoarcaico 1 *
a2.2.2	Mesoarcaico
a2.2.3	Paleoarcaico
a2.2.4	Eoarcaico
a2.3	Hadeánico

Tabla 9. Vocabulario de edades geológicas (cont.)
Table 9. *Geologic age vocabulary (cont.)*

gical Sciences) del año 2009 a la que se le añadieron 27 tramos (Épocas) en el Precámbrico. Esta modificación fue propiciada por los países que constituyen el escudo fenoscandinavo.

Además de esta modificación se realizó un matiz referente a los adjetivos “inferior” y “superior”, que se combinaron con “precoz” y “tardío” respectivamente.

Este vocabulario es uno de los elementos esenciales en el proyecto, pues junto con la litología se emplea para la realización de consultas de las unidades dentro del visualizador del proyecto.

Vocabulario de tipos de unidades geológicas (1GE_GeologicUnitType), tabla 10

Toda unidad geológica debe tener asociado un tipo de unidad que debe corresponder a cualquiera de los cuatro establecidos en el vocabulario de tipos de unidades. Incluye 4 términos en tres niveles jerárquicos reservándose el término más alto de la jerarquía para aquellos casos en los que el tipo de unidad es desconocido o no se especifica.

Clave (notation)	Término
g	Unidad Geológica
g1	Unidad Litológica
g1.1	Unidad Litoestratigráfica
g1.2	Unidad Litoedémica

Tabla 10. Vocabulario de tipos de unidades geológicas
Table 10. *Geologic unit type vocabulary*

Vocabulario de morfología de las unidades geológicas (1GE_GeologicUnitMorphology), tabla 11

Este vocabulario comprende solo tres términos ordenados jerárquicamente y su uso está limitado a aquellas unidades que sean diques.

Clave (notation)	Término
gum	Cuerpo tridimensional
gum1	Cuerpo Geológico
gum1.1	Dique

Tabla 11. Vocabulario de morfología de las unidades geológicas
Table 11. *Geologic unit morphology vocabulary*

Vocabulario de tipos de disposición de las partes que componen las unidades geológicas (1GE_GeologicUnitPartRole), tabla 12

Según el modelo, las unidades geológicas se componen de partes, cada una de las partes, al margen de

las litologías que la constituyen, se caracterizan por su disposición y su proporción. La disposición está regulada por un vocabulario con nueve términos en dos niveles jerárquicos. La primera división de esta clasificación indica si la parte es la única que constituye la unidad o si por el contrario la unidad está compuesta por varias.

Clave (notation)	Término
gupr1	Parte de
gupr1.1	Inclusión
gupr1.1.1	Bloques
gupr1.2	Litosoma
gupr11.2.1	Cuerpo de sedimentación cíclica
gupr11.2.2	Matriz
gupr11.2.3	Capa
gupr1.3	Relación sin especificar
gupr2	Parte única

Tabla 12. Vocabulario tipos de disposición de las partes que componen las unidades geológicas

Table 12. *Geologic unit part role vocabulary*

Vocabulario de la proporción de las partes que componen las unidades geológicas (1GE_ProportionTerms), tabla 13

La proporción de la participación de cada una de las partes se establece a partir de tres términos: principal, presente y subordinado. El vocabulario se completa con tres términos más incluidos bajo los dos primeros.

Clave (notation)	Término
pt1	Principal
pt1.1	Dominante
pt1.1.1	Todo
pt2	Presente
pt2.1	Predominante
pt3	Subordinado

Tabla 13. Vocabulario de proporción de las partes que componen las unidades geológicas

Table 13. *Geologic unit part proportion vocabulary*

Vocabulario de litologías (1GE_Lithology), tabla 14

Sin duda alguna este vocabulario fue el que desató mayor controversia en las fases de discusión y revi-

Clave (notation)	Término
1.	Material compuesto
1.1	Material ígneo
1.1.1	Material ígneo fragmentario
1.1.1.1	Material piroclástico
1.1.1.1.1	Tefra
1.1.1.1.1.1	Cenizas y lapilli
1.1.1.1.2	Brecha de ceniza, tefra de bombas y tefra de bloques
1.1.1.1.2	Roca piroclástica
1.1.1.1.2.1	Tuff de cenizas, lapilli, tuff de lapilli
1.1.1.1.2.2	Brecha de tuff, brecha de aglomerado y brecha piroclásticas
1.1.2	Roca ígnea
1.1.2.1	Roca ígnea fanerítica
1.1.2.1.01	Aplita
1.1.2.1.02	Pegmatita
1.1.2.1.03	Granitoide
1.1.2.1.03.1	Granito
1.1.2.1.03.1.1	Monzogranito
1.1.2.1.03.1.2	Granito sienítico
1.1.2.1.03.2	Tonalita
1.1.2.1.03.3	Granodiorita
1.1.2.1.04	Dioritoide
1.1.2.1.04.1	Roca diorítica
1.1.2.1.04.1.1	Cuarzodiorita
1.1.2.1.04.1.2	Diorita
1.1.2.1.04.2	Roca monzodiorítica
1.1.2.1.04.2.1	Monzodiorita
1.1.2.1.05	Gabroide
1.1.2.1.05.1	Roca grabroica
1.1.2.1.05.1.1	Gabro
1.1.2.1.05.2	Roca monzogabroica
1.1.2.1.05.2.1	Monzogabro
1.1.2.1.06	Roca anortosítica
1.1.2.1.07	Sienitoide
1.1.2.1.07.1	Roca sienítica
1.1.2.1.07.1.1	Cuarzosienita
1.1.2.1.07.1.2	Sienita
1.1.2.1.07.1.3	Sienita con feldespatoides
1.1.2.1.07.2	Roca monzonítica
1.1.2.1.07.2.1	Cuarzomonzonita
1.1.2.1.07.2.2	Monzonita
1.1.2.1.08	Dioritoide con feldespatoides

Tabla 14. Vocabulario de litologías

Table 14. *Lithology vocabulary*

Clave (notation)	Término	Clave (notation)	Término
1.1.2.1.09	Gabroide con feldespatiodes	1.2.1.1.4.2	Limo
1.1.2.1.10	Sienitoide con feldespatoideos	1.2.1.2	Sedimento carbonatado
1.1.2.1.11	Foidolita	1.2.1.2.1	Sedimento carbonatado impuro
1.1.2.2	Roca ígnea de grano fino	1.2.1.3	Sedimento biogénico
1.1.2.2.1	Roca riolítica	1.2.1.3.1	Sedimento rico en materia orgánica
1.1.2.2.1.1	Riolitoide	1.2.1.3.1.1	Turba
1.1.2.2.1.2	Riolita alcalina	1.2.1.3.1.2	Sapropel
1.1.2.2.2	Dacita	1.2.1.3.2	Fango biogénico
1.1.2.2.3	Traquitoide	1.2.1.3.2.1	Fango biogénico carbonatado
1.1.2.2.3.1	Roca traquítica	1.2.1.3.2.2	Fango biogénico silíceo
1.1.2.2.3.1.1	Traquita	1.2.2	Roca sedimentaria
1.1.2.2.3.2	Roca latítica	1.2.2.1	Roca sedimentaria clástica
1.1.2.2.3.2.1	Latita	1.2.2.1.1	Diamictita
1.1.2.2.4	Andesita	1.2.2.1.2	Conglomerado
1.1.2.2.4.1	Boninita	1.2.2.1.3	Arenisca
1.1.2.2.5	Basalto	1.2.2.1.3.1	Arenita
1.1.2.2.5.1	Basalto olivínico	1.2.2.1.3.2	Grauwacka
1.1.2.2.5.2	Basalto tholeítico	1.2.2.1.4	Roca lutítica
1.1.2.2.6	Fonolitoide	1.2.2.1.4.1	Argilita
1.1.2.2.6.1	Fonolita	1.2.2.1.4.2	Limolita
1.1.2.2.7	Tefritoide	1.2.2.1.4.3	Shale
1.1.2.2.7.1	Tefrita	1.2.2.2	Roca sedimentaria rica en materia orgánica
1.1.2.2.7.2	Bsasanita	1.2.2.2.1	Carbón
1.1.2.2.8	Foiditoide	1.2.2.2.1.1	Lignito
1.1.2.2.8.1	Foidita	1.2.2.2.1.2	Carbón bituminoso
1.1.2.3	Roca ígena ultramáfica	1.2.2.2.1.3	Antracita
1.1.2.3.1	Peridotita	1.2.2.3	Roca sedimentaria carbonatada
1.1.2.3.2	Piroxenita	1.2.2.3.1	Roca sedimentaria carbonatada pura
1.1.2.3.3	Roca komatítica	1.2.2.3.1.1	Roca sedimentaria dolomítica o magnesítica
1.1.2.4	Roca ígnea de composición exótica	1.2.2.3.1.1.1	Dolomía
1.1.2.4.1	Carbonatita	1.2.2.3.1.2	Caliza
1.1.2.4.2	Roca calcisilítica y melilítica	1.2.2.3.1.2.1	Creta
1.1.2.4.3	Roca alcalina exótica	1.2.2.3.1.2.2	Travertino
1.1.2.5	Pórfido	1.2.2.3.2	Roca sedimentaria carbonatada impura
1.1.2.6	Roca dolerítica	1.2.2.3.2.1	Caliza impura
1.2	Material sedimentario	1.2.2.3.2.2	Dolomía impura
1.2.1	Sedimento	1.2.2.4	Roca sedimentaria silícea no clástica
1.2.1.1	Sedimento clástico	1.2.2.4.1	Roca sedimentaria silícea biogénica
1.2.1.1.1	Diamictón	1.2.2.5	Roca sedimentaria ferruginosa
1.2.1.1.2	Grava	1.2.2.6	Roca lutítica genérica
1.2.1.1.3	Arena		
1.2.1.1.4	Fango		
1.2.1.1.4.1	Arcilla		

Tabla 14. Vocabulario de litologías (cont.)

Table 14. Lithology vocabulary (cont.)

Clave (notation)	Término
1.2.2.6.1	Roca lutítica orgánica
1.2.3	Material sedimentario químico
1.2.3.1	Evaporita
1.2.3.1.1	Sal
1.2.3.1.2	Yeso o anhidrita
1.3	Material de génesis compuesta
1.3.1	Roca de génesis compuesta
1.3.1.1	Roca metamórfica
1.3.1.1.01	Roca metamórfica foliada
1.3.1.1.01.1	Gneis
1.3.1.1.01.1.1	Ortogneis
1.3.1.1.01.1.2	Paragneis
1.3.1.1.01.2	Filita
1.3.1.1.01.3	Pizarra
1.3.1.1.01.4	Esquistos
1.3.1.1.01.4.1	Micaesquistos
1.3.1.1.02	Roca metamórfica de facies Clorita-Actinolita-Epidota
1.3.1.1.03	Roca metamórfica de facies Galucófana-Lawsonita-Epidota
1.3.1.1.04	Serpentinita
1.3.1.1.05	Cuarcita
1.3.1.1.06	Anfibolita
1.3.1.1.07	Mármol
1.3.1.1.08	Granulita
1.3.1.1.09	Eclogita
1.3.1.1.10	Migmatita
1.3.1.1.11	Granofels
1.3.1.1.11.1	Hornfels
1.3.1.2	Roca metasomática
1.3.1.2.1	Skarn
1.3.1.2.2	Espilita
1.3.2	Material formado en ambiente superficial
1.3.2.1	Bauxita
1.3.2.2	Costra
1.3.2.3	Material residual
1.3.3	Roca de falla
1.3.3.1	Roca milonítica o milonita
1.3.4	Roca de impacto
1.4	Brecha
1.5	Tufita

Tabla 14. Vocabulario de litologías (cont.)
Table 14. Lithology vocabulary (cont.)

sión por el grupo de trabajo específico y por los expertos del consorcio respectivamente. Para la confección del vocabulario de rocas o litologías del proyecto OneGeology-Europe se partió del establecido por la CGI-IUGS heredando con ello las definiciones y jerarquía.

A los tres grandes grupos de materiales dispuestos en el vocabulario de la CGI-IUGS –material ígneo, material sedimentario y material de génesis compuesta– se le añadieron dos más, brecha y tufita, que en realidad son tipos simples, es decir, no tienen jerarquía. Se consideraron independientes al ser materiales que pueden ser generados por muy diversos procesos, lo que hacía muy difícil su asignación a una categoría concreta, (OneGeology-Europe Consortium, 2010c).

En la clasificación de los materiales ígneos se procedió en primera instancia a clasificarlos por su tamaño de grano, estableciéndose en consecuencia dos grupos denominados como rocas ígneas faneríticas y rocas ígneas de grano fino.

Algunos términos de uso común en Europa solo se incluyeron en el vocabulario como nombre alternativo, ya que así eran considerados en el vocabulario de la CGI-IUGS. Un ejemplo de este caso son las margas, cuya designación o nombre preferido es el de rocas sedimentarias carbonatadas impuras.

Los materiales de génesis compuesta comprenden las rocas metamórficas, las rocas metasomáticas, los materiales producto de la alteración superficial, las rocas de falla y las rocas de impacto.

En el caso de términos empleados para la descripción de unidades que llevan implícitos términos litológicos y genéticos de forma simultánea, pero que no se pueden incluir en un vocabulario de rocas, se han establecido una serie de pautas para su codificación. Estos términos, incluidos bajo el epígrafe de “rocas complejas”, son los siguientes:

- Flysch y molasa.
- Olistostroma.
- Turbidita.
- Mélange ofiolítica.
- Mélange tectónica.
- Complejo ofiolítico.

Para cada uno de ellos se recomienda la asignación de una o más litologías determinadas, uno o varios ambientes geológicos y un proceso geológico concreto. Cuando el término comprende más de una litología, cada una de ellas debe considerarse como una parte independiente de la unidad. En este caso hay que incluir un término para la propiedad en la que se refleja la disposición y relaciones de cada parte (*GeologicUnitPartRole*).

Vocabulario de facies de metamorfismo (1GE_MetamorphicFacies), tabla 15

El metamorfismo al que se han visto sometidas las unidades geológicas, cuando así ha sido, se expresa mediante la facies y el grado. El vocabulario comprende diez términos específicos más uno general para indicar cuando no se ha determinado la facies metamórfica.

Clave (notation)	Término
mf0	Facies metamórfica sin especificar
mf01	Facies zeolítica
mf02	Facies granulítica
mf03	Facies de prehenita-pumpellita
mf04	Facies de esquistos verdes
mf05	Facies de epidota-anfibolita
mf06	Facies de las anfibolitas
mf07	Facies de los hornfels piroxénicos
mf08	Facies de la sanidinita
mf09	Facies de los esquistos glaucofánicos
Mf10	Facies de las eclogitas

Tabla 15. Vocabulario de facies metamórficas
Table 15. *Metamorphic facies vocabulary*

Vocabulario de grados de metamorfismo (1GE_MetamorphicGrade), tabla 16

El vocabulario de grados de metamorfismo tiene una estructura similar al de las facies, no tiene jerarquía y existe un término reservado para el grado indeterminado o no especificado.

Clave (notation)	Término
mg0	Grado metamórfico sin definir
mg1	Metamorfismo de grado muy bajo
mg2	Metamorfismo de grado bajo
mg3	Metamorfismo de grado medio
mg4	Metamorfismo de grado alto
mg5	Metamorfismo de grado muy alto

Tabla 16. Vocabulario de grados de metamorfismo
Table 16. *Metamorphic grade vocabulary*

Vocabulario de contactos (1GE_ContactType), tabla 17

Con este vocabulario se pretende únicamente diferenciar tres tipos de estructuras diferentes: los lími-

tes de subsidencia en zonas volcánicas, los límites de los impactos meteoríticos y los límites de glaciares estacionales. Los contactos propiamente geológicos quedarían englobados en la categoría de contactos litogenéticos.

Clave (notation)	Término
ct0	Contacto no geológico
ct1	Contacto
ct1.1	Contacto litogenético
ct1.1.1	Límite de zona de subsidencia volcánica
ct1.1.2	Límite de estructura de impacto
ct1.2	Línea de glaciario estacional

Tabla 17. Vocabulario de tipos de contactos
Table 17. *Contact type vocabulary*

Vocabulario de fallas (1GE_FaultType), tabla 18

El vocabulario de tipos de falla procede de la fusión y simplificación de los dos vocabularios con los que se describen las fallas mediante el tipo de movimiento y el sentido de movimiento.

El vocabulario tiene cuatro niveles jerárquicos con un total de 12 términos. El término superior de la jerarquía es el término genérico "Falla".

Clave (notation)	Término
ft	Falla
ft1	Falla vertical
ft1.1	Falla destrógira
ft1.2	Falla levógira
ft2	Falla inversa
ft2.1	Cabalgamiento
ft2.2	Falla inversa de gran ángulo
ft3	Falla normal
ft3.1	Falla normal de bajo ángulo
ft3.1.1	Falla de despegue
ft3.2	Falla normal de gran ángulo
ft4	Falla oblicua

Tabla 18. Vocabulario de tipos de fallas
Table 18. *Fault type vocabulary*

Los vocabularios están accesibles para su consulta en la página web: <http://srvgeosciml.brgm.fr/eXist2010/brgm/1GEclient.html>

El ajuste espacial y conceptual en las líneas de frontera

Dentro del proyecto se dedicó especial atención a la armonización de los datos entre los diferentes estados miembros de la Unión Europea. La evolución histórica de la geología en cada país europeo ha sido forzosamente interdependiente con la de los demás socios e, incluso, con el resto de los países del mundo. A pesar de ello, cada grupo nacional de investigadores geológicos ha desarrollado peculiaridades en su lenguaje que lo adecuaban a las necesidades descriptivas propias de la naturaleza geológica que les rodeaba; peculiaridades que no están relacionadas con la existencia de diferentes lenguas en la Unión, sino con la búsqueda del modo más adecuado de representar mediante mapas las características geológicas propias de cada territorio nacional. Estas particularidades han permitido expresar la geología europea de un modo más rico y lleno de matices, pero dificultan la voluntad integradora del proyecto. Naturalmente, el espacio geográfico donde se manifiestan estas variaciones, que se puede llamar de estilo, son los límites entre los diversos estados. En estas líneas fronterizas se identificaron dos grupos principales de retos.

Armonización espacial

Cada país ha venido utilizando sus propias bases cartográficas independientes sobre las que representaba la realidad geológica de su territorio. Dado que los países miembros tienen áreas muy diferentes, los de mayor superficie usan una escala adecuada para todos ellos de 1:1.000.000, pero los medianos y los de pequeña superficie emplean diversas escalas, lo cual ocasiona conflictos de armonización en las fronteras. Esta variación en el detalle representado hace que las sinuosidades de las líneas fronterizas sean diferentes, más o menos pormenorizadas, impidiendo el encaje automático de cualquier información representada mediante mapas. La Unión Europea ha resuelto este problema, no exclusivo de los mapas geológicos, con la generación del producto cartográfico denominado Euro GeoBoundaries, un producto de EuroGeographics, el consorcio de las Agencias Cartográficas de la Unión Europea. Este producto contiene las fronteras armonizadas a varias escalas para los países miembros y se constituye en los límites europeos entre los estados miembros para la producción de documentos cartográficos de cualquier tipo dotados de continuidad entre los diversos países. Hay que hacer notar que, al igual que existían diferentes líneas de frontera en los mapas, en los países costeros limítrofes también exis-

tían diferentes líneas de costa. Esto hace que al armonizar dos países vecinos exista un particular caso de armonización espacial en la costa. Euro GeoBoundaries ha solucionado también este conflicto generando una línea de costa común para toda la Unión.

Pero los mapas geológicos nacionales europeos históricos no están generados empleando el producto Euro GeoBoundaries, por lo que uno de los primeros pasos para conseguir la armonización es la adaptación de la información geológica a estos nuevos límites nacionales digitales. Esta tarea genera una casuística específica que, en el caso español, no representó problemas muy arduos, debido a la antigua tradición de confeccionar mapas geológicos de la totalidad de la Península Ibérica (conjuntamente con Portugal, con varias ediciones realizadas desde el siglo XIX) y la continuidad de la información en la Cordillera Pirenaica (consensuada con Francia).

Cuando se piensa en las fronteras españolas, es fácil olvidar dos pequeños territorios, Andorra y Gibraltar (Reino Unido). En el primer caso se han mantenido contactos con las autoridades del pequeño país del Pirineo, que no participa en el proyecto OneGeology-Europe, y se ha acordado que España será el país encargado de armonizar y suministrar al servidor su cartografía geológica, lógicamente con la supervisión de las autoridades geológicas andorranas. En el caso del territorio británico, al no existir un mapa geológico oficial de Gibraltar, los representantes del Reino Unido en el proyecto han solicitado que, también en este caso, sea España quien armonice y suministre la cartografía geológica de este pequeño enclave.

Al armonizar espacialmente las fronteras surgen diferentes casos generales. El más simple es un pequeño desplazamiento entre los límites de las unidades geológicas de cada lado de la frontera, lo cual es fácilmente subsanable. Otro de los casos es que una unidad geológica representada en un país se divida en varias en el vecino, normalmente con una cartografía geológica más detallada; este tipo de conflicto ha de estudiarse bilateralmente en cada caso particular para lograr su adecuada armonización. En este último tipo puede presentarse otra variante de mayor complejidad cuando las unidades representadas en cada país, aun siendo los mapas de la misma escala, han sido escogidas con criterios geológicos, o especialidades geológicas, diferentes. Naturalmente, el esfuerzo bilateral necesario para resolver este tipo de incompatibilidad será mayor en este caso.

Armonización semántica

Algunos de los conflictos de armonización espacial provocan problemas semánticos que han de resolver-

se según las pautas generales del proyecto OneGeology-Europe. Cuando, por problemas de escala, haya que agrupar diferentes unidades geológicas para lograr la armonización con una sola unidad representada en el otro lado de la frontera, serán necesarias modificaciones de vocabulario. Este mismo problema surgirá cuando las unidades definidas en cada país hayan dado mayor importancia a una u otra especialización dentro de la geología. También en este caso habrá que emplear apropiadamente los criterios establecidos en el proyecto para los vocabularios, encontrando los términos sinónimos adecuados para lograr una perfecta armonización. Finalmente, existe un problema en las fronteras que se puede llamar "efecto borde de mapa". Es frecuente en la naturaleza geológica que las litologías presentes en una unidad litoestratigráfica, definida en su localidad tipo, varíen gradualmente, transformándose con la distancia en otras litologías, total o parcialmente, diferentes. Cuando estas variaciones graduales se producen cerca del límite de la zona a cartografiar, por ejemplo la frontera del país, es normal considerar por motivos prácticos que la litología dominante se extiende sin ninguna variación hasta el borde del mapa. En el territorio vecino la situación será similar pero observada desde el otro extremo de la serie continua; por lo que el criterio práctico, en este caso, será extender la definición del otro extremo de la serie hasta la frontera. Una vez más esta falta de continui-

dad debe de resolverse bilateralmente, encontrando el modo más adecuado de realizar la división en dos unidades litológicamente diferentes; también habrá que acordar como representar este cambio y cuál es el lugar más adecuado para ello, todo mediante consenso entre ambos países.

El portal OneGeology-Europe y la aplicación de los lenguajes

El portal del proyecto OneGeology-Europe, (<http://onegeology-europe.brgm.fr/geoportal/>), es el elemento esencial que permite alcanzar el objetivo básico del proyecto, suministrar un mecanismo de acceso a la información geológica de escala nacional de forma interoperable. Este geoportal ha de satisfacer las necesidades derivadas de las diferentes actividades del propio proyecto y que se resumen en: descubrimiento, visualización, consulta, impresión y multilingüismo, (OneGeology-Europe Consortium 2010d). En consecuencia resulta ser una aplicación multilingüe de arquitectura multicapa que incorpora funcionalidad de consulta avanzada a través de servicios interoperables, yendo mucho más allá de la mayoría de los visualizadores, tanto en aspectos puramente técnicos como de funcionalidades y contenidos, figura 3.

El visualizador de mapas se ha desarrollado siguiendo una programación por capas, separando los datos

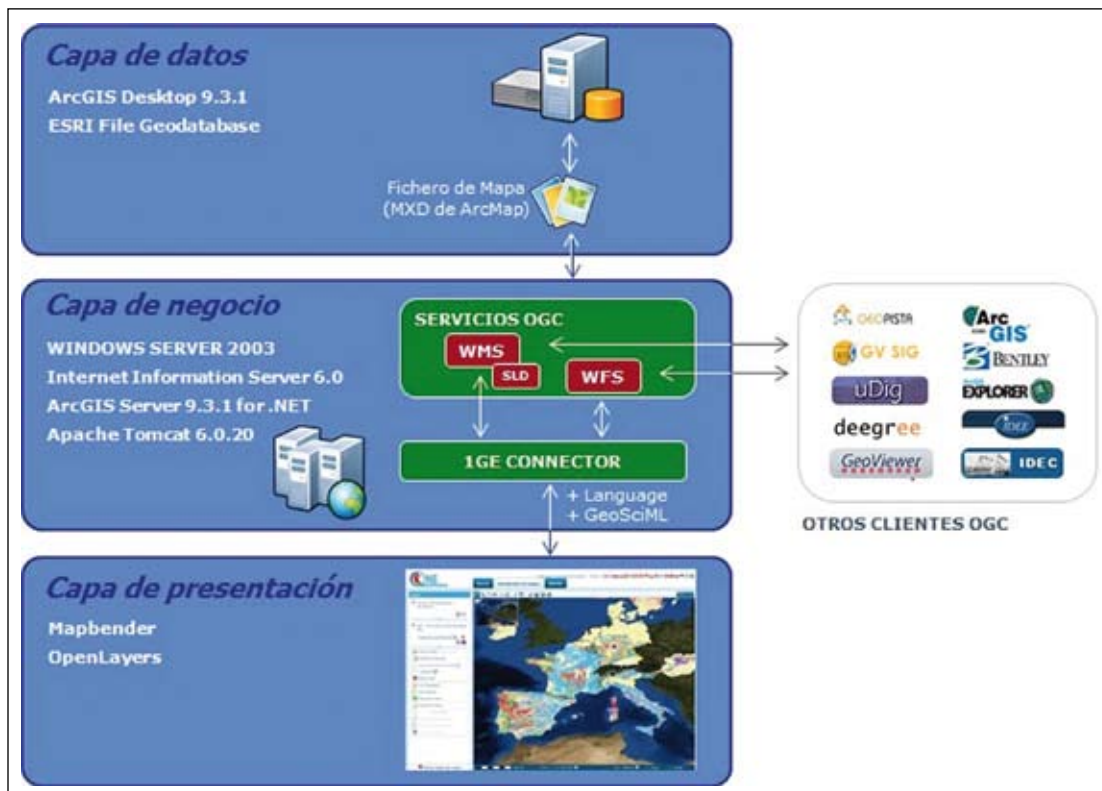


Figura 3. Arquitectura por capas distribuida
Figure 3. Distributed tier architecture

(capa de datos), los servicios que permiten la visualización y consulta de dichos datos (capa de negocio) y la aplicación con la que al usuario final interactúa para acceder a la información (capa de presentación).

La capa de presentación en OneGeology-Europe es el visualizador de mapas, una aplicación web de interfaz amigable que permite la visualización y consulta de la información servida por los distintos países participantes en el proyecto. El visualizador fue desarrollado por el BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) utilizando Mapbender y OpenLayers.

La capa de negocio está formada por los servicios de mapas que proporcionan los organismos participantes en el proyecto. Estos servicios deben garantizar la interoperabilidad, que consiste en el intercambio universal de la información geoespacial digital, independientemente de la tipología y el formato de los datos, plataformas *hardware* y *software* que se utilicen. En OneGeology-Europe, se han seguido las directrices marcadas por Inspire, haciendo uso de los estándares del OGC, Open Geospatial Consortium, (Inspire 2011), organización que tiene como objetivo promover el desarrollo y uso de técnicas y estándares en el campo de la información geográfica. Para la visualización y consulta se ha utilizado WMS (Web Map Service), que suministra mapas a través de imágenes georreferenciadas creadas a partir de

los datos. Para la descarga se ha utilizado WFS (Web Feature Service), que permite acceder a los datos propiamente dichos (geometría e información alfanumérica). Esta configuración garantiza la independencia de la tecnología empleada en cada servicio geológico o institución afín para almacenar y suministrar sus datos.

La capa de datos incluye la información geológica digital que cada uno de los organismos nacionales ha preparado tras la adaptación de sus mapas geológicos nacionales al modelo diseñado, la aplicación de la terminología establecida a las diferentes propiedades definidas, la asignación de la simbología específica para vistas de mapas de litologías y mapas de edades geológicas, y el ajuste espacial y temático transfronterizo.

Sobre el almacenamiento de los datos hay que señalar que cada país ha podido mantener sus aplicaciones y formatos de almacenamiento de información digital en uso sin necesidad de realizar modificaciones.

Al abrirse la página principal del visualizador se envía de forma inmediata una petición a los servidores de los más de 20 países que suministran datos y se presentan de forma automática todos los mapas nacionales simbolizados por la litología principal, figura 4.

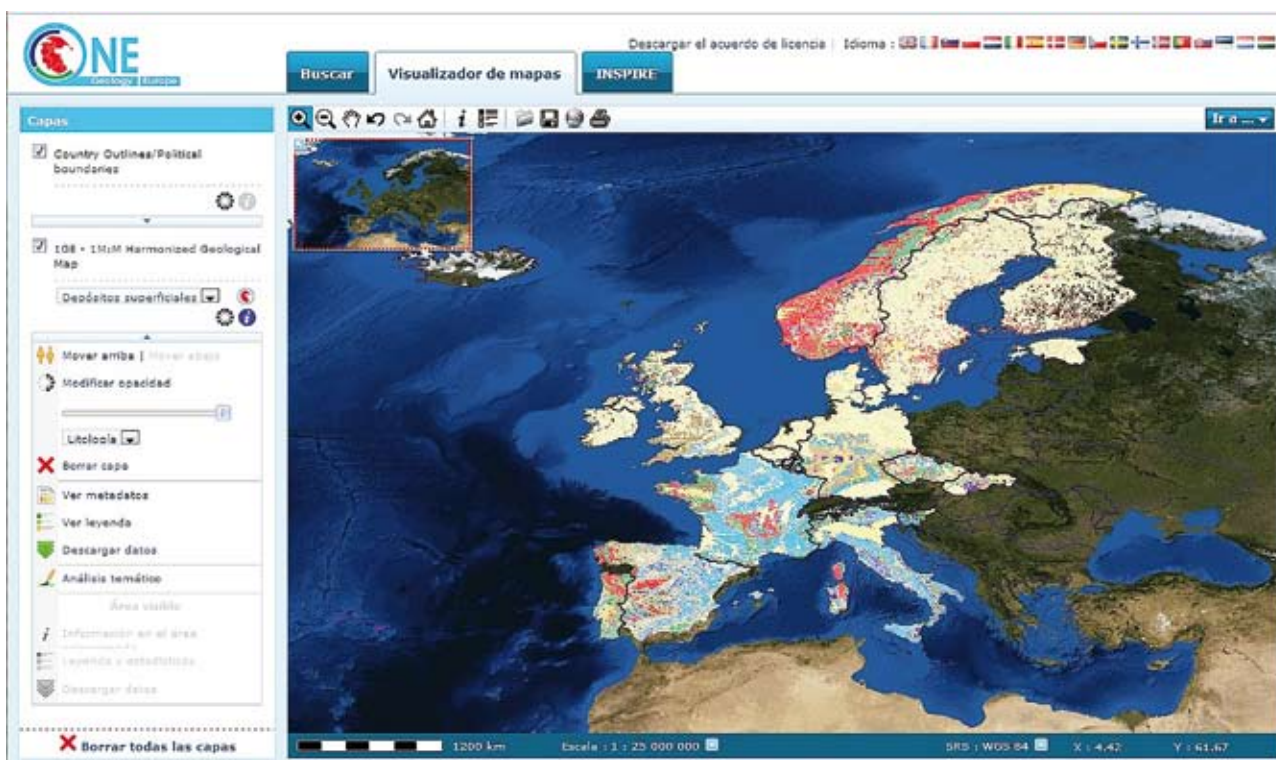


Figura 4. Visualizador de mapas del geoportal OneGeology-Europe
Figure 4. Geoportal map viewer of the OneGeology-Project

Al margen de las funcionalidades de navegación básicas de todo visualizador de información espacial el portal de OneGeology-Europe cuenta con utilidades específicas como son el multilingüismo y el denominado "análisis temático"

Multilingüismo

El multilingüismo ha sido alcanzado gracias a la traducción de la interfaz de usuario del visualizador de mapas, los metadatos y los vocabularios de términos controlados, como ya se ha mencionado en puntos anteriores. Sin embargo esta pluralidad idiomática no habría tenido ningún efecto si no se hubiesen resuelto determinados problemas técnicos.

Los servicios OGC para el descubrimiento, visualización y descarga de información espacial (CSW, WMS, WFS) no tienen en cuenta el multilingüismo. Además, las peticiones GetFeatureInfo de WMS y las peticiones WFS permiten consultar información sobre los elementos de un mapa, pero no devuelven la información en formato GeoSciML, el formato de intercambio de datos adoptado en el proyecto. Para solventar estos problemas, dentro del proyecto OneGeology-Europe se ha creado un conector que actúa de intermediario entre el visualizador y los servicios OGC que proporcionan los distintos países. En el caso del idioma, este conector redirige la petición al ser-

vicio adecuado en función del idioma incluido en la petición. En el caso de la consulta de información, el conector convierte los datos en formato GML devueltos por los servicios al formato GeoSciML y se los devuelve al cliente web que ha hecho la petición.

Análisis Temático

Quizá la funcionalidad más destacada del visualizador de mapas de OneGeology-Europe sea la que se ha denominado como análisis temático. Esta funcionalidad permite la selección y creación de vistas específicas de las unidades geológicas en función de sus componentes litológicos, edad o de ambas propiedades combinadas. La selección se hace a partir de dos ventanas simultáneas que se abren cuando se pulsa el botón de "análisis temático". En la ventana de la izquierda se muestran los términos del vocabulario de edades geológicas ordenadas jerárquicamente; en la ventana de la derecha son los términos del vocabulario de rocas o litologías los que se presentan, también de forma ordenada según la jerarquía establecida, figura 5. Una vez que se ha seleccionado la combinación litología-edad deseada se puede seleccionar el color de visualización.

Para poder implementar dicha funcionalidad, ha sido necesario que los servicios que proporcionan todos los participantes sean capaces de admitir peticio-

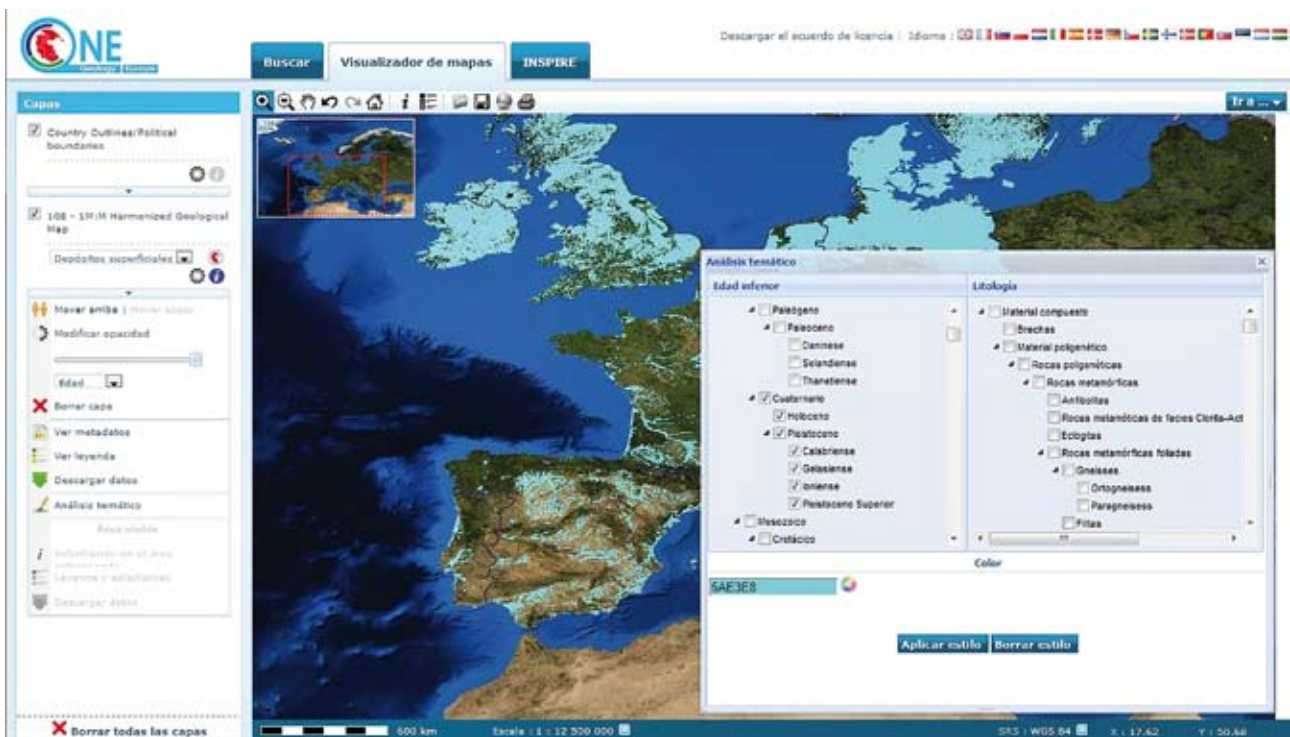


Figura 5. Selección y visualización de materiales cuaternarios
Figure 5. Query and display of Quaternary materials



Figura 6. Visualización de las unidades geológicas por edad
Figure 6. *Geologic units displayed by age*

nes SLD (OGC Styled Layer Descriptor), extensión de WMS que permite solicitar a un servicio la devolución de toda, o una parte de la información, simbolizada tal y como requiera el usuario.

Como otras funcionalidades añadidas destacables del portal se pueden destacar la visualización automática por edad geológica, figura 6, la opción de búsqueda en el catálogo de metadatos, visualización de las leyendas, estructuras, litologías y edades geológicas, y la descarga de datos.

Conclusiones

El proyecto OneGeology-Europe ha supuesto un esfuerzo importante, de resultados completamente tangibles y abiertos a todos los usuarios. La información geológica de escala nacional de más de 20 países europeos se presenta de forma novedosa y con la capacidad de ser visualizada de forma conjunta, y de ser consultada y seleccionada de forma sencilla mediante listas de términos de rocas y de edades geológicas, sin ningún tipo de barrera idiomática.

Desde el punto de vista conceptual se han seguido las directrices de normalización de la información geográfica generándose unos modelos de datos y estableciendo unos conjuntos de términos controlados. Este marco conceptual pan-europeo ha supuesto un paso importante de cara a la organización del conocimiento geológico transfronterizo, alcanzándose la interoperabilidad semántica de la información suministrada a través del portal del proyecto.

Sin embargo, aunque se trata de un modelo de datos sólido con un amplio conjunto de términos consensuados, hay que considerar a ambos solo aptos para el ámbito del proyecto, tal y como se concibió, es decir, aplicables a resoluciones equivalentes a la escala 1:1.000.000 o a escalas nacionales. Para obtener resoluciones mayores es obvio que se deberían añadir tanto fenómenos geológicos y propiedades en el modelo, como términos en los vocabularios.

El desarrollo del lenguaje geocientífico es sin duda uno de los logros más significativos del proyecto. Describir las características de las unidades a través de vocabularios de términos controlados en todas las propiedades establecidas facilitará su explotación, es

decir, consulta, selección y extracción de información. La estandarización fomenta el entendimiento entre diferentes partes sobre asuntos comunes y de uso extendido, idea que tiene aun más valor, si cabe, en una disciplina como la geología, en la que existe una notable componente de incertidumbre en algunos aspectos.

No obstante, no es suficiente con "desmontar" las descripciones de las unidades geológicas en múltiples partes reguladas mediante listas de términos controlados. Si bien es cierto que supone un avance importante con el que se pretende acercar la información geológica al mayor número de usuarios posible, el fin de este proceso no se debe considerar como una mera simplificación. Para ello es importante contar además con las observaciones y apreciaciones de los autores de la cartografía, que de forma holística describen las unidades mediante un lenguaje natural y que se almacena en las descripciones de las unidades que acompañan a los documentos cartográficos.

La estructura jerárquica de los vocabularios ofrece unas posibilidades de consulta y selección de información que va más allá de las posibilidades que ofrece la descripción original de las unidades. Es posible la selección de las "rocas plutónicas" aunque este término no se encuentre explícitamente indicado en las descripciones, y solo sean los términos subordinados los presentes. Esta jerarquía interna de los vocabularios debe completarse estableciendo relaciones entre términos vinculados pertenecientes a diferentes vocabularios, lo que conduciría a la creación de una ontología interdisciplinar en el que se almacenaría una mayor cantidad de conocimiento.

Finalmente hay que señalar que el modelo de datos y los vocabularios han supuesto una contribución esencial para el establecimiento de las especificaciones del tema "Geología" incluido en el Anexo II de la Directiva Inspire, como así lo demuestran los vocabularios de rocas y sedimentos y edades geológicas de la versión 2.9 de las especificaciones de dicho tema.

Y precisamente es la Directiva Inspire la que con toda probabilidad proporcione los mecanismos para continuar avanzando en la armonización y difusión de la terminología al asumir gran parte de los vocabularios establecidos. Al finalizar el proyecto OneGeology-Europe solo ha quedado garantizado el mantenimiento del geoportal, mientras que las futuras líneas de desarrollo, referentes a actualización y ampliación de la terminología y su gestión mediante registros públicos, han quedado supeditadas a nuevas actuaciones coordinadas por los servicios geológicos con la cofinanciación de las instituciones europeas. Todo parece indicar que Inspire tomará el relevo en esta tarea.

Referencias bibliográficas

- Asch, K.; Brodaric, B.; Laxton, J. L. and Robida, F., 2004. An International Initiative for Data Harmonisation in Geology. *10th EC GI & GIS Workshop, ESDI State of the Art*. Varsovia (Polonia).
- Bolduc, A. M.; Moore, A.; Shinamura, K.; Pyne, M. and DiLabio, R., (2004). Science Language, Parsing and Querying: The Surface Side of Things. U.S. Geological Survey Open-File Report 2004 – 1451. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2004*. Portland, Oregón, (Estados Unidos de América). pp 85-94 Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>. Último acceso: 23 de marzo de 2012.
- Brodaric, B., 2007. 1G, Interoperability, and GeoSciML. Presentación hecha en Brighton (Reino Unido), en marzo de 2007 con motivo de la puesta en marcha del proyecto OneGeology.
- Brodaric, B. and Gahegan, M., 2006. Representing geoscientific knowledge in cyberinfrastructure: Some challenges, approaches and implementations. En: Sinha, A.K. (ed.), *Geoinformatics: data to Knowledge: Geological Society of America Special Paper 397* pp 1-20.
- Brodaric, B. and Gahegan, M., 2007. Experiments to examine the situated nature of Geoscientific Concepts. *Spatial Cognition Computation*. Vol. 3, Número 1, pp 61-95. Taylor & Francis.
- Brodaric, B. and Probst, F., 2008. DOLCE ROCKS: Integrating Geoscience Ontologies with DOLCE. Association for the Advancement of Artificial Intelligence. Semantic Scientific Knowledge Integration, Technical Report SS-08-05, pp 3-8.
- Budin, G., 2007 From Terminologies to Ontologies. Advances in knowledge organization. Disponible en la página web de Termnet, International Network of Terminology. http://www.termnet.org/downloads/english/events/tss2009/TSS2009_GB_TerminologiesOntologies.pdf. Último acceso: 13 de marzo de 2012.
- CGI-IUGS, 2012. Commission for the Management and Application of Geoscience Information. http://www.cgi-iugs.org/tech_collaboration/interoperability_working_group.html. Último acceso: 27 de abril de 2012.
- Galán Saulnier, A. and García Gímenez, R., 2010. Ontología de minerales: aplicación en el ámbito de los silicatos. *Boletín Geológico y Minero*, 121 (3), pp 251-254. ISSN: 0366-0176.
- Gillespie, M. R. and Styles, M. T., 1999. *BGS Rock Classification Scheme. Volume 1: Classification of igneous rocks*. British Geological Survey Research Report, (2nd edition). RR 99-06. 54 pp.
- Gruber, T., (1992). Ontolingua: A mechanism to support portable ontologies. Technical report, Technical Report KSL91-66, Stanford University, Knowledge Systems Laboratory.
- Hallsworth, C. R. and Knox, R. W O'B., 1999. *BGS Rock Classification Scheme. Volume 3: Classification of sediments and sedimentary rocks*. British Geological Survey Research Report. RR 99-03. 46 pp.
- Hensaw, D., 2007. Controlled Vocabulary. East Asian Pacific - Long Term Ecological Research. *2nd Information Management Workshop. Tawian*. Disponible en la página web:

- <http://warracomo/warra/links.html>. Último acceso: 16 de septiembre de 2009.
- Inspire, 2011. Technical Guidance for the implementation of Inspire view services, v3.0. *Initial Operating Capability Task Force Network Services*. Ispra, Italia. 111 pp. Disponible en la página web: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Network_Services/TechnicalGuidance_ViewServices_v3.0.pdf. Último acceso: 3 de abril de 2012.
- ISO 2000, ISO 1987-1:2000, Terminology work - Vocabulary - Part 1: theory and application. Organization of Standardization. Ginebra, Suiza, <http://www.iso.org>.
- ISO, 2005. *ISO 19119. Geographic Information - Services*. International Organization of Standardization, Ginebra Suiza, <http://www.iso.org>.
- ISO 2009. *ISO 704:2009. Terminology work - Principles and method. International Organization of Standardization*. Ginebra, Suiza, <http://www.iso.org>.
- ISO 2010. *ISO 19146:2010. Geographic information - Cross-domain vocabularies*. International Organization of Standardization. Ginebra, Suiza, <http://www.iso.org>.
- Johnson, B. R.; Brodaric, B.; Raines, G. L.; Hastings, J. T. and Walh, R., 1999. *Digital Geologic Map Data Model Version 4.3*. Disponible en la página web: <http://ngmdb.usgs.gov/www-nadm/dmdt/Model43a.pdf>. Último acceso: 13 de marzo de 2012.
- Lusächer, B., Lin, K., Brodaric, B. and Caru, C., 2003. GEON: Toward a Cyberinfrastructure for the Geosciences - A Prototype for Geological Map Integration via Domain Ontologies. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2003*. Millersville, Pennsylvania, (Estados Unidos de América). pp 169-184. Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>. Último acceso: 12 marzo de 2012.
- Martín-Serrano, A., Salazar, A., Nozal, F. and Suárez, A., 2004. *Mapa geomorfológico de España a escala 1:50.000. Guía para su elaboración*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid (España) ISBN 84-7840-562-3. 12 pp.
- McMillan, A. A. and Powell, J. H., 1999. *BGS Rock Classification Scheme. Volume 4: Classification of artificial (man-made) ground and natural superficial deposits – applications to geological maps and datasets in the UK*. British Geological Survey Research Report. RR 99-04. 66 pp.
- Mennis, J. L., 2003. Derivation and implementation of a semantic GIS data model informed by principles of cognition. *Computers, Environment and Urban Systems*, número 27, pp 455-479.
- NAGMDM-SLTT, North American Geologic-Map Data Model Science Language team, 2004. Report on progress to develop a North American science-language standard for digital geologic-map databases. Appendix A - Philosophical and operational guidelines for developing a North American science-language standard for digital geologic-map databases, version 1.0. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2004*. Portland, Oregon, (Estados Unidos de América). Apéndice A, 64 pp. Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/>. Último acceso: 16 de marzo de 2012.
- Neuendorf, K., Mehl, J.P. and Jackson, G., 2005. *Glossary of Geology, 5th edition*. American Geological Institute. Alexandria, Virginia (Estados Unidos de América). ISBN: 0-922152-76-4.
- North American Geologic Map Data Model Steering Committee, 2004. *NADM Conceptual Model 1.0—A conceptual model for geologic map information*. U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1334, 58 p. Disponible en la página web: <http://pubs.usgs.gov/of/2004/1334>. Último acceso: 12 de marzo de 2012.
- OneGeology and CGI-IWG, 2009. *GeoSciML Cookbook. How to map data to GeoSciML version 2*. Proyecto OneGeology. Disponible en la página web: http://www.onegeology.org/docs/technical/GeoSciML_Data_CookBook_V2.pdf
- OneGeology-Europe Consortium, 2010a. *WP4: Explanatory notes for creating multilingual metadata records of national geological and applied geological data*. Proyecto OneGeology-Europe. ECP-2007-GEO-37001. 79 pp.
- OneGeology-Europe Consortium, 2010b. *WP5: Informatics specification, data model, interoperability and standards D5.1 : Documented data model, thematic profile and guidance for GeoSciML*. Proyecto OneGeology-Europe. ECP-2007-GEO-37001. 84 pp.
- OneGeology-Europe Consortium, 2010c. *WP3: Scientific/Semantic data specification and dictionaries. Generic specification for spatial geological Data*. Proyecto OneGeology-Europe. ECP-2007-GEO-37001. 137 pp
- OneGeology-Europe Consortium, 2010d. *D6.3: Geoportal platform for discovery and view hosted web services*. Proyecto OneGeology-Europe. ECP-2007-GEO-37001. 14 pp
- RAC, 1996. *Vocabulario Científico y Técnico, 3ª edición*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Editorial Espasa. ISBN: 84-239-9407-4
- RAE, 2001, *Diccionario de la Lengua Española, vigésimo segunda edición*. 2 vol. Real Academia de la Lengua. Editorial ESPASA.
- Raskin, R., 2006. Development of ontologies of earth system science. En: Sinha, A.K. (ed.), *Geoinformatics: data to Knowledge: Geological Society of America Special Paper 397*, pp 195-199.
- Richard, S. M., 1999. Geologic Concept Modelling, with Examples for Lithology and some other Basic Geoscience Features. *Digital Mapping Techniques Proceedings 1999*. Madison, Wisconsin, (Estados Unidos de América). pp 59-76. Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>. Último acceso: 13 de marzo de 2012.
- Richard, S. M., 2006. Geoscience concepts models. En: Sinha, A.K. (ed.), *Geoinformatics: data to Knowledge: Geological Society of America Special Paper 397*, pp 81-107.
- Richard, S. M., Matti, J. and Soller, D., 2003. Geoscience Terminology Development for the National Geologic Map database. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2003*. Millersville, Pennsylvania, (Estados Unidos de América). pp 157-167. Disponible en la página web: <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>. Último acceso: 13 de marzo de 2012.
- Richard, S. M., Matti, J. and Coleman C., 2012. Deployment of geologic map services using GeoSciML-Portrayal. Arizona Geological Survey. Tucson, Arizona (Estados Unidos de América). Disponible en la página web: http://repository.usgin.org/uri_gin/usgin/dlio/515. Último acceso: 12 de septiembre de 2012.
- Richard, S. and Soller, D, 2009. Vocabularies for Geoscience Information Exchange. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2008*. Moscow, Idaho, (Estados Unidos de

- América). pp 101-104. Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>. Último acceso: 30 de marzo de 2012.
- Robertson, S., 1999. *BGS Rock Classification Scheme. Volume 1: Classification of metamorphic rocks*. British Geological Survey Research Report. RR 99-02. 26 pp.
- Serrano, J.J., Téllez-Arenas, A. and Thomas, R., 2009. One-Geology-Europe: Architecture, data model, and web services. *6th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems*. Munich, Alemania, June 2009.
- Seth, A. P., 1999. Changing focus on interoperability in information systems: from system, syntax, structure to semantics. En: Goodchild, M.; Egenhofer, M.; Fegeas, R. y Kottman, C. (eds.) *Interoperability Information Systems*. Boston Massachusetts, (Estados Unidos de América). Kluwer Academic Publisher, pp 5-30.
- SLTT, Science Language Technical Team, 2004. Science Language for Geologic-Map Databases in North America: A Progress Report. U.S. Geological Survey Open-File Report 2004-1451. *Digital Mapping Techniques Proceedings 2003*. Millersville, Pennsylvania, (Estados Unidos de América). pp 109-138. Disponible en <http://ngmdb.usgs.gov/Info/dmt/>.
- Sowa, J.F. 2000, *Knowledge Representation: Logical, Philosophical and Computational Foundations*. New York, Brooks Cole Publishing co., 594 pp.

Recibido: mayo 2012
Revisado: agosto 2012
Aceptado: octubre 2012
Publicado: enero 2013