



HACIA UNA ARMONIZACIÓN SEMÁNTICA DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Luis Manuel Vilches Blázquez,¹ José Ángel Ramos Gargantilla,²
Oscar Corcho,³ Joan Capdevila Subirana⁴

^{1,2,3} Ontology Engineering Group. Departamento de Inteligencia Artificial
Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid

⁴ Instituto Geográfico Nacional. Servicio Regional en Cataluña

Resumen

La demanda de Información Geográfica (IG) se está convirtiendo en una necesidad de primer orden, consecuencia del potencial de los geodatos como instrumento para facilitar la toma de decisiones y la gestión de recursos en diversas áreas (catastro, recursos naturales, etc.). Pero, consecuencia de la pobre estructuración y la heterogeneidad de vocabularios existentes, son muchos los problemas para conseguir búsquedas y recuperación de información exitosas, asegurar la continuidad entre informaciones semejantes de distintas fuentes, etc. Estos problemas surgen principalmente de una producción y uso de la cartografía tradicionalmente centrada en las necesidades específicas de cada cual, donde no era tan importante como ahora el disponer de modelos comunes de la realidad geográfica.

Para satisfacer estas nuevas necesidades, las ontologías se pueden utilizar como un instrumento para definir los significados de los fenómenos y generar modelos coherentes de la realidad, proporcionando un entendimiento común y compartido que dará solución a estos problemas. La Ingeniería Ontológica está modificando muchos conceptos, ideas y estrategias aplicadas en los procesos de estructuración y gestión “clásica” de la IG.

1. Introducción

Los geodatos son un importante instrumento para facilitar la toma de decisiones y la gestión de recursos en diversas áreas (catastro, recursos naturales, etc.), consecuencia de esto, la Información Geográfica (IG) se está convirtiendo en una necesidad de primer orden en la Sociedad actual. Sin embargo, son muchos los inconvenientes que este tipo de información presenta (heterogeneidad de vocabularios y bases de datos, factor escala, ambigüedad del lenguaje, diferencias semánticas, variedad idiomática y de formas de estructuración) y que van a repercutir en muchos problemas para conseguir búsquedas y recuperaciones de información exitosas, para asegurar la continuidad entre informaciones semejantes de distintas fuentes, etc. El principal origen de estos problemas radica en la producción y uso de la cartografía tradicionalmente dirigida por las necesidades específicas de cada productor o usuario, donde no era tan importante como ahora el disponer de modelos comunes de la realidad geográfica.

El desarrollo de la Ingeniería Ontológica y, más concretamente, la utilización de las ontologías (como instrumento para capturar y compartir la semántica de cualquier área) dentro del dominio geográfico se han convertido en factores clave ante la posibilidad de solucionar los problemas que presenta la IG. Ante esto, la Ingeniería Ontológica pretende modificar muchos conceptos, ideas y estrategias aplicadas en los procesos de estructuración y gestión “clásica” de la IG. En definitiva, parece que la interrelación

entre ambas áreas científicas (IG e Ingeniería Ontológica) se muestra conveniente y necesaria, tras el análisis de los problemas y soluciones que aportan cada una de ellas.

Este artículo está estructurado de la siguiente manera: un acercamiento genérico a los diferentes problemas que presenta la información geográfica es mostrado en la sección 2. En la sección 3, se realiza una breve introducción al concepto de ontología y se mencionan algunas razones que conllevan su desarrollo. La interrelación entre IG y ontologías aparece en la sección 4 y en la sección 5 son expuestas algunas conclusiones generales.

2. Un acercamiento genérico a la problemática de la Información Geográfica

Desde un punto de vista general, la IG, cada vez más, es capturada, gestionada y actualizada con diferentes niveles de granularidad, calidad y estructuración por diferentes productores cartográficos. En la práctica, esto provoca la construcción de múltiples conjuntos de bases de datos espaciales con una gran heterogeneidad de catálogos de fenómenos y modelos de datos. Esto refleja la coexistencia actual de una gran variedad de fuentes con diferente información, estructura y semántica sin un marco general armonizador. Esta heterogeneidad, combinada con la necesidad de compartir y superponer información de diferentes fuentes por parte de una miscelánea de usuarios, provoca variados e importantes problemas cuando se tratan fenómenos geográficos similares a la hora de buscar, recuperar y explotar datos geo-espaciales.

Desde un punto de vista más específico dentro del dominio geográfico, el concepto más importante es el de fenómeno (*feature*), consecuencia de que Open GeoSpatial Consortium (OGC) (OGC, 2003) afirma que el fenómeno geográfico (*geographic feature*) es el punto de partida para el modelado de la información geo-espacial. Por esta razón, la unidad básica de la IG dentro de la mayoría de modelos es el *feature*, es decir, una abstracción de un fenómeno del mundo real asociado con una localización en la superficie terrestre, de la que son recogidos, mantenidos y diseminados datos (ISO, 2005). Los *features* pueden incluir representaciones de un amplio rango de fenómenos que pueden ser localizados en el tiempo y el espacio tales como edificios, ciudades, redes geométricas, imágenes georreferenciadas o capas temáticas. Esto significa que, tradicionalmente, un fenómeno encierra en un concepto todo lo que un área temática considera sobre un sencillo fenómeno geográfico (GREENWOOD ET AL., 2003).

2.1 Heterogeneidad de vocabularios y bases de datos

De la definición y uso del concepto *feature* se extrae que éste no está predeterminado para una clase, sino que, dependiendo del dominio de clasificación, un individuo de un fenómeno (por ejemplo, “Río Ebro”) puede ser clasificado de una manera u otra. Por tanto, parece evidente que esos *features* no son la unidad atómica de la IG como los fenómenos que ellos representan, puesto que, encierran diferentes conceptos humanos resultantes de tipos múltiples (GREENWOOD ET AL., 2003). Esto evidencia que la realidad geo-espacial es percibida subjetivamente y que su contenido depende de los enfoques particulares.

Esta heterogeneidad también queda reflejada en la heterogeneidad de contenido que presentan los diferentes catálogos que agrupan a los conjuntos de *features*. Este hecho provoca dificultades en el momento de la integración de información de diferentes bases

de datos, ya que éstas pueden proporcionar diferentes respuestas ante una consulta (consecuencia de la utilización de diferentes términos para un mismo *feature*).

Otro problema común en el acceso a las bases de datos geográficas está relacionado con los pobres modelos de implementación. Algunas bases de datos tienen sólo una tabla única donde toda la información es almacenada, mientras que otras son organizadas en diferentes tablas con o sin escasas relaciones entre ellas.

2.2 Factor escala

El factor escala actúa como filtro en la representación cartográfica, así como en catálogos y diccionarios de información geo-espacial. Por esta razón, la consideración de información a diferentes escalas (local, regional y nacional), por parte de diferentes productores nacionales, hace que la granularidad de la información varíe dependiendo de la fuente y su escala de referencia. Esto afecta a la resolución geométrica y semántica, o lo que es lo mismo, afecta a la comprensión de la realidad geográfica. Además, la existencia de diferentes fenómenos a diferentes escalas es un problema añadido en la generalización cartográfica, debido a las dificultades encontradas en los procesos de superposición tanto gráfica como conceptual entre diferentes catálogos.

2.3 Ambigüedad del lenguaje, diferencias semánticas y variedad idiomática

Los problemas relacionados con la ambigüedad del lenguaje están relacionados con la heterogeneidad proveniente de la polisemia, sinonimia, hiperonimia y homonimia. Estos problemas aparecen en muchos conceptos en la IG, debido al hecho de que no existe un marco semántico armonizador. Prueba de esto, es el hecho de que podemos encontrar diferentes catálogos y/o diccionarios con una gran variedad de conceptos asociados al mismo *feature* (por ejemplo; “río”, “curso fluvial”, “curso de agua principal”, etc.).

Las diferencias semánticas en el dominio geográfico son numerosas e importantes. Un ejemplo iterativo es la definición del *feature* “Río”. La Directiva Europea Marco del Agua lo define como “una masa de agua continental que fluye en su mayor parte sobre la superficie del suelo, pero que puede fluir bajo tierra en parte de su curso” (European Parliament, 2000), para el Instituto Geográfico Nacional es una “corriente natural de agua de caudal considerable aun en estiaje”. Mientras, para l’Enciclopèdia Catalana [1] es un “corrent natural d'aigua, més o menys continu, de cabal que pot ésser molt variable, que drena una conca vessant d'una extensió almenys de dimensions comarcals”.

A todo esto se une el factor añadido referido a la existencia y reconocimiento oficial de cuatro lenguas oficiales en el ámbito territorial nacional, como son el catalán, gallego, euskera y castellano. Por tanto, una especial atención merece el aspecto multilingüe de la IG y sus consiguientes catálogos y bases de datos.

2.4 Formas de estructuración

Las formas más comunes de estructuración de fenómenos geográficos empleadas por los productores de información, tales como catálogos de fenómenos y tesauros, conllevan una pobre y rudimentaria modelización de la información, es decir, la estructuración de los nombres (conceptos), códigos, atributos y otras características

asociadas a la geometría. Las definiciones usualmente más extendidas de Catálogo y Tesaurus, son las que se exponen a continuación:

1. Un catálogo de fenómenos (*feature catalogue*) define los tipos de elementos (*features*), sus operaciones, atributos y asociaciones representadas en los datos geográficos. Estos son indispensables para convertir datos en información utilizable (ISO, 2005). En la práctica este tipo de catálogos poseen importantes limitaciones, tales como la ausencia de cualquier tipo de estructuración y la de relación entre elementos de manera explícita. Lo único que puede encontrarse, en ocasiones, es una jerarquía entre clases de fenómenos, determinada por los códigos asociados a las mismas.
2. Tesauros, conforme a la *International Standard Organization* (ISO), es un vocabulario de un lenguaje de indexación controlado (conjunto controlado de términos extraídos del lenguaje natural y utilizados para representar, de forma breve, los temas de los documentos) y organizado formalmente con objeto de hacer explícitas las relaciones, a priori, entre conceptos (por ejemplo “más genérico” o “más específico que”) (ISO, 1985 – 1986).

La construcción de tesauros supone una considerable mejora en la estructuración de la información respecto a los catálogos de fenómenos. Esto es consecuencia de la desaparición de la imprecisión y ambigüedad en el uso del lenguaje (motivada por la existencia de sinónimos y polisemias) y del establecimiento de relaciones (ej.: “Término Genérico”, “Término Específico”, “Use”, etc.) entre los conceptos.

En resumen, estos problemas de heterogeneidad, escala, ambigüedad y estructuración reflejan las dificultades para alcanzar la interoperabilidad semántica en el contexto de la IG y, en consecuencia, las dificultades en las tareas de consulta, recuperación, explotación, actualización y visualización de la información geo-espacial. Todo agravado por los usuarios, que requieren eficiencia y sencillez.

3. Una breve inmersión en el universo ontológico

El uso de la Ingeniería Ontológica (GÓMEZ-PÉREZ ET AL., 2003) es un factor clave que puede contribuir a solucionar los problemas de la IG presentados con anterioridad. A continuación se realiza una breve introducción a algunos de los conceptos claves del *universo ontológico*.

El origen del término Ontología procede del mundo de la filosofía, según la Real Academia Española [2], es “la parte de la metafísica que trata del ser en general y de sus propiedades transcendentales, o propiedades que traspasan los límites de lo meramente experimental”. Este concepto ha sido adoptado por la informática, específicamente en el dominio de la Inteligencia Artificial. Su adopción ha dado origen a una gran variedad de definiciones de este “nuevo” concepto, producto de los puntos de vista de diversos autores y, fundamentalmente, de las diferentes formas de construir y utilizar las ontologías como sistemas informáticos.

Una de las definiciones más divulgadas es la aportada por GRUBER (1993). Afirma que una ontología constituye una especificación explícita y formal de una conceptualización compartida. Esta definición tiene una serie de conceptos claves que ayudan a comprenderla. Así, la “conceptualización” se entiende un modelo abstracto de la realidad, de tal manera, que mediante ésta se identifican los conceptos relevantes de

un área. Por “explícita” se entiende que todos sus componentes deben estar definidos explícitamente. Respecto a “formal”, se refiere al hecho de que la ontología debe ser entendible por las máquinas. Por último, “compartida” refleja el hecho de que una ontología debe capturar conocimiento consensuado/aceptado por un grupo o comunidad de expertos, esto es, no debe ser privado o algo individual (STUDER ET AL., 1998).

Desde la óptica de la IG, esta definición nos hace entender que las ontologías no están formadas únicamente por meros conceptos con una cierta organización, lo que no distaría de las formas más habituales de organización de la IG (catálogos de fenómenos, diccionarios de datos y/o tesauros), sino que también se van a definir relaciones, atributos, reglas y axiomas entre conceptos que enriquecen y contribuyen, entre otros aspectos, a formalizar el vocabulario y conocimiento del área, dejando a un lado el simple almacenamiento realizado sobre la parte más específica de la información, es decir, los datos.

Por tanto, las ontologías van a ayudar al mundo geográfico a definir los significados de los fenómenos contenidos en los geodatos, pudiendo proporcionar la base del entendimiento en el dominio de la IG. Aunque a menudo desarrollar una ontología de un dominio no es la meta en sí (sólo es un proceso de definición de un conjunto de datos y sus estructuras para que otros programas los usen), algunas de las principales razones que pueden conducir a la construcción de una ontología, son (NOY ET AL., 2001);

- Compartir el entendimiento común sobre un área de conocimiento entre personas y máquinas.
- Permitir la reutilización de conocimientos de un dominio o área de conocimiento.
- Permitir cambiar las especificaciones de conocimiento de un dominio si se producen cambios en el mismo. Además, las especificaciones explícitas del dominio de conocimiento son útiles para nuevos usuarios que deben aprender el significado de los términos del área.
- Analizar el conocimiento de un dominio, una vez realizada una especificación completa de los términos que componen al dominio. El análisis formal de los términos es extremadamente valioso al intentar reutilizar ontologías existentes y pretender extenderlas.

En definitiva, todo esto conlleva un cambio de perspectiva en los procesos de búsqueda, ya que se pasa de estar centrado únicamente en los aspectos sintácticos, a prestar atención a los significantes de los conceptos, es decir, al conocimiento implícito de los dominios. Además, de esta sección se pueden extraer varias conclusiones: por un lado, en las ontologías el conocimiento se especifica a través de conceptos, es decir, están formadas por conjuntos de conceptos que dan como resultado una forma de ver la realidad geográfica, común y compartida, acorde con cierta perspectiva ante un dominio de conocimiento. Por otro lado, el hecho de que la posibilidad de formalizar entre los conceptos relaciones, reglas de inferencia, axiomas, etc. contribuye a enriquecer el conocimiento del dominio en cuestión. Por último, hay que destacar, que esas conceptualizaciones formalizadas permiten la comunicación entre expertos y sistemas informáticos, consecuencia directa de que la información no sólo es entendible por todos los usuarios, como sucedía hasta este momento, sino que también es “comprendida” por las máquinas, lo que repercutirá en una constante reutilización del conocimiento. Por tanto, desde la óptica geoespacial, la construcción de ontologías dará origen a una importante mejora en la representación de la IG, repercutiendo de forma directa en los sistemas de recuperación, consulta y análisis de la misma.

4. Interrelación entre IG y ontologías: una necesidad derivada de la problemática actual de la información geográfica

El territorio se transforma y se adapta a nuevas necesidades y nuevos roles, a los que no son ajenos los fenómenos que conlleva el nuevo paradigma de la Sociedad de la Información. Gestionar la complejidad de dicha transformación requiere Información Global (GUIMET, 2003) común y compartida. Este hecho motiva que los recursos de información disponibles sobre el territorio sufran un crecimiento progresivo, aunque las dificultades de acceso a la información impiden una visión homogénea por parte de los diferentes actores presentes en el territorio.

Hoy día, los servicios Web de los diferentes Sistemas de Información Geográfica (SIG) e Infraestructuras de Datos Espaciales (IDEs) disponibles se limitan a una mera integración de información a modo de superposición de capas con gran diversidad temática, en ocasiones, provenientes de diferentes productores. Este hecho, pone de manifiesto dos realidades; por un lado, la calidad y exactitud de la IG en cuanto a superposición geométrica y, por otro, contenidos (conceptos) y estructuras (organización de la información) heterogéneas. Estas situaciones son producto de la preocupación por la exactitud posicional de la información y de los diferentes puntos de vista (diferentes vocabularios, formas de organización y modelos), intereses y necesidades con los que cada comunidad lleva a cabo el desarrollo de sus datos espaciales. Por tanto, de esto se deduce que, junto a las dificultades de visión homogénea de la IG, hay una importante carencia respecto a la armonización semántica de los geodatos entre los diferentes productores, a pesar de que aumenta la necesidad de compartir, intercambiar y utilizar la IG con diferentes propósitos.

Todos estos factores generan dificultades en las tareas de consulta, recuperación, explotación, actualización y visualización de la geo-información, ante las que todo usuario demanda sencillez, eficacia y seguridad. Desde la óptica de la Ingeniería Ontológica se proponen las soluciones de los siguientes epígrafes, de forma genérica, como una vía para alcanzar la armonización semántica de la IG y, por tanto, solventar los diferentes problemas expuestos con anterioridad.

4.1 Heterogeneidad de vocabularios y Bases de Datos

Las limitaciones estructurales, comentadas anteriormente, y la utilización de diversos vocabularios para describir la información presente en los servicios Web de SIG e IDEs evidencian diversos problemas que se manifiestan al preguntar e interpretar resultados producidos por la búsqueda sobre diferentes catálogos distribuidos (BERNAD ET AL., 2003). Un ejemplo de la disparidad de vocabularios utilizados es el nombre de las diferentes capas que aparecen en el visualizador de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) [3], donde es habitual encontrar para cada servicio referido a una misma temática diferentes nomenclaturas, como se puede contemplar en la figura 1.

Esto refleja la necesidad de un cambio en dichas herramientas (SIG e IDEs) para dejar de ser utilizadas como “simples” almacenes de datos con representación espacial (de escasa utilización como instrumentos en la planificación territorial, toma de decisiones y/o gestión de recursos), para dar un salto cualitativo en funcionalidad y posibilidades.

medida, de la información existente en dichas fuentes. Por otro lado, estas técnicas también pueden ser utilizadas para describir semejanzas entre fenómenos de cualquier tipo (por ejemplo: “Río”, “Riu”, “River”, “Rivière” y “Fleuve”).

4.2 Ambigüedad del lenguaje, diferencias semánticas y variedad idiomática

La formalización de conceptos mediante lógica descriptiva (*Description Logic*), y el proceso de implementación en el lenguaje estándar de facto del World Wide Web Consortium (W3C) [4], Ontology Web Language (OWL) [5], eliminan los problemas de ambigüedad propia del lenguaje natural y las diferencias semánticas entre conceptos. Además, junto a la posibilidad de formalización explícita de los diferentes conceptos, relaciones y atributos del dominio geográfico, también se pueden añadir conceptos relacionados (sinónimos) o alternativos (multilingüedad) o la definición en lenguaje natural, similar a las definiciones que aparecen en cualquier diccionario del área, de los diferentes elementos que componen la ontología.

4.3 Formas de estructuración

Gran parte de esta problemática es derivada del empleo de las formas más comunes de estructuración de fenómenos geográficos, tales como catálogos de fenómenos y tesauros. Estos son gestionados por la mayoría de los sistemas de información en el entorno geográfico, ya sean SIG Web o IDEs, pero no solucionan las dificultades comentadas con anterioridad, consecuencia de la pobre y rudimentaria modelización de la IG, escasa formalización semántica y el limitado o nulo número de relaciones entre conceptos.

Estas formas de estructuración han sido utilizadas, tradicionalmente, como útiles herramientas para proporcionar vocabularios controlados y organizarlos pseudo-formalmente. Dichas formas no son suficientes en el contexto tecnológico actual, consecuencia de que las ontologías ofrecen la posibilidad de crear descripciones ricas en conocimiento, mientras que las formas de estructuración mencionadas con anterioridad sólo proporcionan parte de las funcionalidades requeridas por este nuevo escenario tecnológico (WIELINGA, 2001; VILCHES-BLÁZQUEZ, 2007a).

Otras ventajas que aporta el desarrollo y uso de ontologías como herramienta se circunscriben a la posibilidad de la reutilización de conocimientos (esto permite el aprovechamiento de ontologías realizadas sobre cualquier área de la IG, consecuencia de que el desarrollo de ontologías refleja formas concretas de ver el mundo) y a la comprobación y mantenimiento de la integridad de las bases de datos geo-espaciales.

5. Conclusiones

Hemos descrito muchas de las problemáticas que presenta la gestión de IG en un escenario donde se está incrementando de forma sustancial tanto la producción de datos como su diseminación e intercambio. Iniciativas legales como la Directiva INSPIRE [6] o el recientemente aprobado Sistema Cartográfico Nacional [7] están propiciando la publicación, al menos por parte de las Administraciones Públicas, de IG. Actualmente, como se ha visto, en muchos de los geoportales abiertos ya es posible superponer capas de información que describen el mismo fenómeno pero que han sido producidos de



forma independiente y descoordinada. El resultado añade aún más complejidad, si cabe, a la existente.

Por ello, se ha descrito el enfoque ontológico y su aplicación a la IG. Las ontologías constituyen el complemento ideal para los SIG Web y las IDE, más aún una vez que éstos comienzan a extenderse, concediendo acceso público y abierto a la geoinformación mediante múltiples servidores y servicios y, en la medida en que pueden contribuir de forma efectiva y práctica, a mejorar la gestión de la información y, por tanto, ayudar en los procesos de toma de decisiones en la planificación y gestión territorial.

En definitiva, las ontologías van a aportar muchas utilidades al mundo de la IG, entre las que destacan, según TORRES (2003), la mejora en la comunicación, habida cuenta de su dedicación a reducir la confusión terminológica y conceptual en el ámbito del dominio geográfico, y la interoperabilidad semántica, ya que las ontologías potenciarán el intercambio de datos geográficos gracias a la semántica que se encuentra en ellas.

6. Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado parcialmente por el proyecto del Plan Nacional "GeoBuddies" (TSI2007-65677C02) y el Convenio Bilateral UPM-IGN 2007-2008.

7. Notas

[1] <<http://www.encyclopedia.cat/>>

[2] <<http://www.rae.es>>

[3] <<http://www.idee.es>>

[4] <<http://www.w3.org/>>

[5] <<http://www.w3.org/2004/OWL/>>

[6] Directiva 2007/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de marzo de 2007, por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad Europea (INSPIRE) <<http://www.idee.es/resources/leyes/INSPIRE.pdf>>

[7] Real Decreto 1545/2007, de 23 de noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional (BOE de 30 de noviembre de 2007). <<http://www.boe.es>>

8. Bibliografía

BERNAD, L.; EINSPANIER, U.; HAUBROCK, S.; HÜBNER, S.; KUHN, W.; LESSING, R.; LUTZ, M.; VISSER, U. (2003) "Ontologies for intelligent search and semantic translation" En *Spatial Data Infrastructures, Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation* (6).

EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL OF THE EUROPEAN UNION (2000) *Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council for establishing a framework for Community action in the field of water policy*. Brussels, p 72.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; CORCHO, O. (2003). *Ontological Engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the Semantic Web*. London. Springer-Verlag.

GÓMEZ-PÉREZ A., RAMOS J., RODRÍGUEZ-PASCUAL A., VILCHES-BLÁZQUEZ L.M. (2008) "The IGN-Case: Integration through a Hidden Ontology. Spatial Data Handling - SDH'08". Montpellier, France. *En prensa*



- GREENWOOD J, HART G. (2003) “Sharing Feature Based Geographic Information - A Data Model Perspective”. En *7th Int'l Conference on GeoComputation*. United Kingdom.
- GUIMET, J.: (2003) “Internet, información y territorio”. En *Proceedings del 1er Congreso Internacional sobre Territorio y Ciudad. La metrópolis presente y futura*. Barcelona.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (1985) ISO 5964:1985 *Documentation - Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri*.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (1986) ISO 2788:1986 *Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri*.
- INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION (2005) ISO 19110 *Geographic information -- Methodology for feature cataloguing*.
- MIZOGUCHI R, VANWELKENHUYSEN J, IKEDA M (1995) “Task ontology of reuse of problem solving knowledge”. *Towards Very Large Knowledge Bases: Knowledge Building & Knowledge Sharing*, pp. 46-59.
- NOY, N. F.; MCGUINNESS, D. L. (2001) “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology”. *Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880*.
- OGC (2003) *OpenGIS Reference Model, Version 0.1.2*, OGC Inc. Wayland, MA, USA.
- STUDER, BENJAMINS, FENSEL (1998). “Knowledge Engineering: Principles and Methods”. *Data and Knowledge Engineering*. 25, pp. 161-197.
- THOMAS R. GRUBER. (1993) “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications”. *Knowledge Acquisition*, 5(2), pp.199-220.
- TORRES RODRÍGUEZ, N. (2003) *Imágenes en la web semántica: estándares, aplicaciones y organización de sitios en la red*. Universidad Carlos III de Madrid. (Tesina).
- VAN HEIJST G, SCHREIBER A, WIELINGA B (1997) “Using explicit ontologies in KBS development”. *Int. J. of Human-Computer Studies*, 46(2/3):183-292.
- VILCHES-BLÁZQUEZ, L.M., MARTINS, B., WYTTEBACH, A., POVEDA, M.A., ÁLVAREZ, M., LUZIO, J., AND BORBINHA, J. (2007a) *Geographical and historical thesauri: The state of the art, 2007*. DIGMAP Deliverable D2.1
- VILCHES BLÁZQUEZ LM, BERNABÉ POVEDA MA, SUÁREZ FIGUEROA MC, GÓMEZ-PÉREZ A, RODRÍGUEZ PASCUAL A F (2007b) “Towntology & hydrOntology: Relationship between Urban and Hydrographic Features in the Geographic Information Domain”. *Ontologies for Urban Development* Ed. Teller, J.; Roussey, C.; Lee, J. Springer-Verlag, 2007. ISBN: 978-3-540-71975-5.
- WIELINGA, B. J.; SCHREIBER, A. TH.; WIELEMAKER, J.; SANDBERG, J. A. C. (2001) “From thesaurus to ontology. International Conference on Knowledge Capture” En *Proceedings of the 1st international conference on Knowledge capture*. Victoria, British Columbia, Canada. Pages: 194 – 201. ISBN:1-58113-380-4