



## **NOMBRE DEL ÁREA TEMÁTICA: AGUA**

### Pertinencia de Aplicación de la Ingeniería Ontológica a la Planificación Hidráulica del Territorio

***Luis Manuel Vilches Blázquez<sup>1</sup>, José Antonio Cañete Pérez<sup>2</sup>, Oscar Corcho<sup>3</sup>, Miguel Ángel Bernabé Poveda<sup>4</sup>, Antonio F. Rodríguez Pascual<sup>5</sup>***

<sup>1, 5</sup> *Subdirección General de Aplicaciones Geográficas. Instituto Geográfico Nacional.  
e-mail: {lmvilches|afrodriguez}@fomento.es*

<sup>2</sup> *Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Granada.  
joseaca@ugr.es*

<sup>3</sup> *Facultad de Informática. Universidad Politécnica de Madrid  
ocorcho@fi.upm.es*

<sup>4</sup> *ETSI Topografía, Geodesia y Cartografía. Universidad Politécnica de Madrid.  
ma.bernabe@upm.es*

## **1. Introducción**

La planificación hidráulica del territorio se aborda a diferentes niveles, desde la propia planificación sectorial del recurso a nivel de cuenca hidrográfica hasta el detalle derivado del abastecimiento y saneamiento de una pequeña ciudad, pasando por la regulación de un área metropolitana. La hidrografía y sus fenómenos relacionados representan una variable esencial, en todo proceso de planificación con independencia de la escala de la misma. Y ello, no sólo como recurso que debe ser regulado en base a una legislación, sino como fuente de riesgos que puede tener una incidencia negativa en las personas y las actividades económicas.

Concretamente, en lo que se refiere al planeamiento urbano, resulta evidente que la planificación hidráulica deriva en una serie de infraestructuras y en ciertos fenómenos hidrográficos presentes en el paisaje urbano. Este hecho refleja la analogía de las ciudades con otras áreas de conocimiento que, vista su estrecha relación, no son irrelevantes para facilitar la toma de decisiones en el ámbito de la planificación territorial. Es por esto, por lo que una estrecha colaboración entre diferentes áreas científicas y disciplinas se hace necesaria, incluyendo ingeniería civil, diseño y planificación urbana [Teller et al] y Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs).

Estas circunstancias de interrelación entre áreas de conocimiento permiten un enriquecimiento desde el punto de vista de la ordenación del territorio y, por supuesto, contribuyen a ver la realidad espacial desde una óptica holística.

En nuestra social actual, la demanda de Información Geográfica (IG) está llegando a ser 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 y mala estructuración de la IG, proporcionada por los productores de cartografía, son muchos los problemas para conseguir búsquedas y recuperación de información exitosas. Estos problemas surgen principalmente porque las comunidades de productores están centradas en sus necesidades específicas [Bermúdez et al], olvidándose de la armonización de la información y, por tanto, de la visión consensuada de la realidad geográfica.

Ante esto, las TICs están revolucionando y modificando muchos conceptos, ideas, reglas y estrategias aplicadas al territorio y a su desarrollo, siendo una circunstancia “externa” que afecta a la transformación del territorio y, más específicamente, de las ciudades. Estas pueden constituir un elemento instrumental estratégico para potenciar un más preciso conocimiento del territorio y de la ciudad, conocimiento que es la base para la adopción de decisiones sobre su evolución en un entorno cada vez más complejo e interrelacionado [Guimet]. Esto es, las TICs constituyen una herramienta sumamente útil en la toma de decisiones y en las propuestas de ordenación territorial y de las ciudades.

En la sección 2 de este artículo, se describe la relación entre elementos urbanos e hidrográficos. En la sección 3, se lleva a cabo una explicación de algunos de los principales problemas de la IG y se proponen a las ontologías como un instrumento de solución para los mismos. En la sección 4, se realiza una descripción de las principales características de *hydrOntology*, la propuesta de ontología global de fenómenos hidrográficos desarrollada desde el Instituto Geográfico Nacional. Finalmente, en la sección 5, varias conclusiones y algunas líneas de posible aplicación son indicadas.

## **2. Relaciones entre fenómenos urbanos e hidrográficos**

Describir la riqueza del medio urbano con todos sus detalles representa un gran reto, ya que este medio es muy complejo. Contiene algunos elementos naturales como los cursos de agua que son fenómenos con límites naturales. Sin embargo, el medio urbano está, esencialmente, conformado por objetos artificiales. Incluso los fenómenos tales como los ríos, cuando cruzan ambientes urbanos, tienen sus límites creados por personas, por lo que pueden ser considerados objetos artificiales [Fonseca et al].

El paso de los fenómenos hidrográficos a objetos artificiales es el resultado de la construcción de infraestructuras urbanas para abastecimiento, distribución y depuración de agua.

A continuación son mencionados tres casos que reflejan la estrecha relación entre fenómenos urbanos e hidrográficos [Vilches-Blázquez et al].

i. El río ha sido, con frecuencia, un factor clave en la configuración del plano de las ciudades. Consecuencia de este hecho, se hace común que las infraestructuras urbanas circunden o formen parte de este tipo de fenómenos. No obstante, se pueden encontrar muros de contención en las orillas de los ríos para la canalización, de una forma generalizada. Además, la construcción de puentes y su utilización como carreteras o caminos entre las orillas de los ríos es un hecho habitual.

ii. La red de tuberías tiene un rol clave en el abastecimiento, distribución y saneamiento de aguas. Parte de la red es utilizada para abastecimiento y distribución de agua potable al medio urbano, mientras, otra parte de la red es utilizada para aguas residuales, las cuales son conducidas hacia plantas de tratamiento para su reciclaje u otros usos.

iii. Finalmente, el sistema de alcantarillado y la red de drenaje son de una importancia crucial para el medio urbano, debido a que son los encargados de absorber el agua de lluvia y las provenientes de las inundaciones por desbordamiento del agua de los ríos u otros fenómenos hidrográficos. La eficiencia de estos sistemas disminuye los efectos de los desastres meteorológicos previos.

En resumen, desde el punto de vista de la aplicabilidad, la necesidad de relación entre estas dos áreas de conocimiento (medio urbano e hidrografía) llega a ser grande. Esto es debido a que la gestión de una de las redes más importantes para el medio urbano puede ser establecida. Por otro lado, mediante la información referida al abastecimiento de agua y las redes de drenaje (alcantarillado, desagües, etc.) se controla unos de los temas INSPIRE<sup>1</sup>. Otro aspecto interesante, proveniente de la relación entre estas dos áreas, mencionadas con anterioridad, es la prevención de riesgos naturales que afectan al medio urbano. Con esta correspondencia, se sentarían las bases para la mejora de la gestión y monitoreo de inundaciones, debido a la posibilidad de implementar modelos hidrológicos aplicados (estimación de flujos máximos en las redes hidrográficas mediante modelos empíricos) y, mediante modelos de drenaje en las ciudades se encararía cierto tipo de fenómenos meteorológicos, del tipo gota fría (modelos estadísticos).

### **3. Ontologías: Una necesidad derivada de la problemática actual de la IG**

Las ciudades y el territorio se transforman y se adaptan 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] 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

---

<sup>1</sup> <http://www.ec-gis.org/inspire/>

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<sup>2</sup> (IDEs) presentan 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 contenidos (conceptos) y estructuras (organización de la información) heterogéneas derivados de la falta de consenso, de diferencias de intereses y necesidades y de las inercias de los procesos de producción. 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.

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 o IDEs, pero no solucionan las dificultades comentadas con anterioridad, consecuencia de la pobre y rudimentaria modelización de la IG, 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 Tesauro, son las que se exponen a continuación:

1. 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 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 al International Standard Organization (ISO)<sup>3</sup>, es un vocabulario de un lenguaje de indización controlado (conjunto controlado de términos extraídos del lenguaje natural y utilizados para representar, de forma breve, los temas de los documentos), 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, 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.

---

<sup>2</sup> Conjunto de tecnologías, políticas y acuerdos institucionales destinados a facilitar la disponibilidad y el acceso público a la información espacial (**Wikipedia** - <http://es.wikipedia.org/wiki/Portada>)

<sup>3</sup> [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html)

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]. 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 y 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.

La Ingeniería Ontológica, surgida de la Web Semántica<sup>4</sup>, proporciona soluciones a los problemas actuales relacionados con la accesibilidad y las búsquedas distribuidas de IG. Fundamentalmente, esta mejora se basa en el cambio de perspectiva en los procesos de búsqueda, ya que se pasa de utilizar palabras clave, es decir, consideración únicamente de aspectos sintácticos, a centrarse en los significantes de los conceptos, es decir, en la semántica de la información. De esta manera, se obvia la asunción de que los datos deben ser entendidos, exclusivamente, por los usuarios y se pasa a un proceso de entendimiento recíproco entre hombre y máquina, en el que las máquinas pasan a “comprender” los datos que procesan. Por estas razones, la definición de modelos ontológicos globales que logren fácil accesibilidad y común estructura de la información geoespacial se hace más que necesaria, más aún si la información compartida por todos los actores del territorio puede originar flujos de información y de conocimiento.

Circunscribiéndose a las ontologías, una de las definiciones más divulgadas es la aportada por [Gruber]. 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 por “conceptualización” se entiende un modelo abstracto de la realidad, de tal manera, que mediante esta 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]. En definitiva, las ontologías van a ayudar a definir los significados de los fenómenos contenidos en los geodatos, por lo que estas pueden proporcionar la base del entendimiento en el dominio de la IG.

Entre las ventajas proporcionadas por las ontologías destacan i) La disminución de la confusión semántica. Reduce la ambigüedad terminológica al considerar sinónimos y polisemias, repercutiendo sobre la comunicación y gestión de la información. ii) La posibilidad de 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

---

<sup>4</sup> <http://www.w3.org/2001/sw/>

mundo. iii) La traducción e intersección semántica a través de correspondencia (mappings) empleados para describir semejanzas entre fenómenos (ej.: río, river, rivière y fleuve) y entre diferentes ontologías (ej.: ontología de fenómenos hidrográficos y de fenómenos urbanos). iv) Integración de información de diferentes fuentes o bases de datos, lo que contribuye a crear la necesaria armonización de la IG.

De esto se deduce que las ontologías constituyen el complemento ideal para los SIG Web y las IDEs, más aún una vez que éstos comienzan a extenderse, concediendo acceso público y abierto a la geo-información mediante múltiples servidores y servicios y, en la medida en que pueden contribuir, de forma efectiva y práctica, a los procesos de toma de decisiones en la planificación y gestión territorial.

#### **4. *hydrOntology*: Ontología global de fenómenos hidrográficos**

El Instituto Geográfico Nacional (IGN) ha comenzado a desarrollar una ontología de fenómenos hidrográficos, con la pretensión de establecerla como un marco semántico genérico, armonizador y de uso por parte de todas las organizaciones productoras de información geoespacial, para, con ello, proporcionar los pasos necesarios para obtener una mejor organización y gestión de la información del dominio hidrográfico, de tal forma que contribuya a facilitar las tomas de decisión en planificación territorial. Su objetivo es optimizar la búsqueda y recuperación de la IG soportada por la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)<sup>5</sup> y el SIGNA (Sistema de Información Geográfica Nacional)<sup>6</sup>

##### **4.1. Criterios de modelado**

El modelado de esta ontología está basado, fundamentalmente, en cuatro criterios:

- La Directiva Europea Marco del Agua<sup>7</sup>.
- Criterios semánticos, es decir, clasificación acorde a los significados.
- La clasificación y estructura reflejada en el Proyecto SDIGER (IDE para la gestión de las cuencas de los ríos Adour-Garonne y Ebro) [Latre et al].
- La herencia de las fuentes de estudio, para facilitar posibles correspondencias (*mappings*) y para ser consecuente con las jerarquías de fenómenos creadas por los expertos.

##### **4.2. Fuentes**

En el desarrollo de *hydrOntology* se consideraron fuentes de información a distintas escalas (local, regional y nacional). Principalmente se tuvieron en cuenta catálogos de fenómenos y diccionarios de datos (Bases Cartográficas Numéricas del IGN, catálogos y diccionarios de productores autonómicos, EuroGlobalMap,

---

<sup>5</sup> <http://www.idee.es>

<sup>6</sup> <http://signa.ign.es/website/IGN0212/viewer.htm>

<sup>7</sup> [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html)

EuroRegionalMap), tesauros (UNESCO, GEMET, Getty TGN, Feature Type Thesaurus of Alexandria Digital Library), el proyecto SDIGER, diferentes nomenclátors (Nomenclátor Geográfico Nacional, Nomenclátor Geográfico Conciso, Nomenclátor de la Biblioteca Digital de Alexandria, etc.) intentando cubrir el mayor número de fuentes de IG, para construir una ontología verdaderamente global. Esta ontología contiene más de 100 conceptos relevantes en el área de la hidrografía, tales como; río, embalse, lago, canal, depósito, etc.

Además, se tuvo en cuenta algunos conceptos referidos a fenómenos hidrográficos que dependen exclusivamente de ciertas regiones geográficas de España. Entre estos fenómenos aparecen “ibón”, “lavajo”, “chortal”, “bodón” o “lucio”. Estos conceptos son designados por su nombre local y son sinónimos del fenómeno “Charca<sup>8</sup>”

Debido a la diversidad de significados dentro del dominio geográfico, se restringió las características y el contexto de los conceptos que conforman esta ontología, adaptándolos a las particularidades de las bases de datos geográficas. Además, para cada definición se tomó en cuenta la representación cartográfica a través de mapa, SIG o IDE de cada concepto.

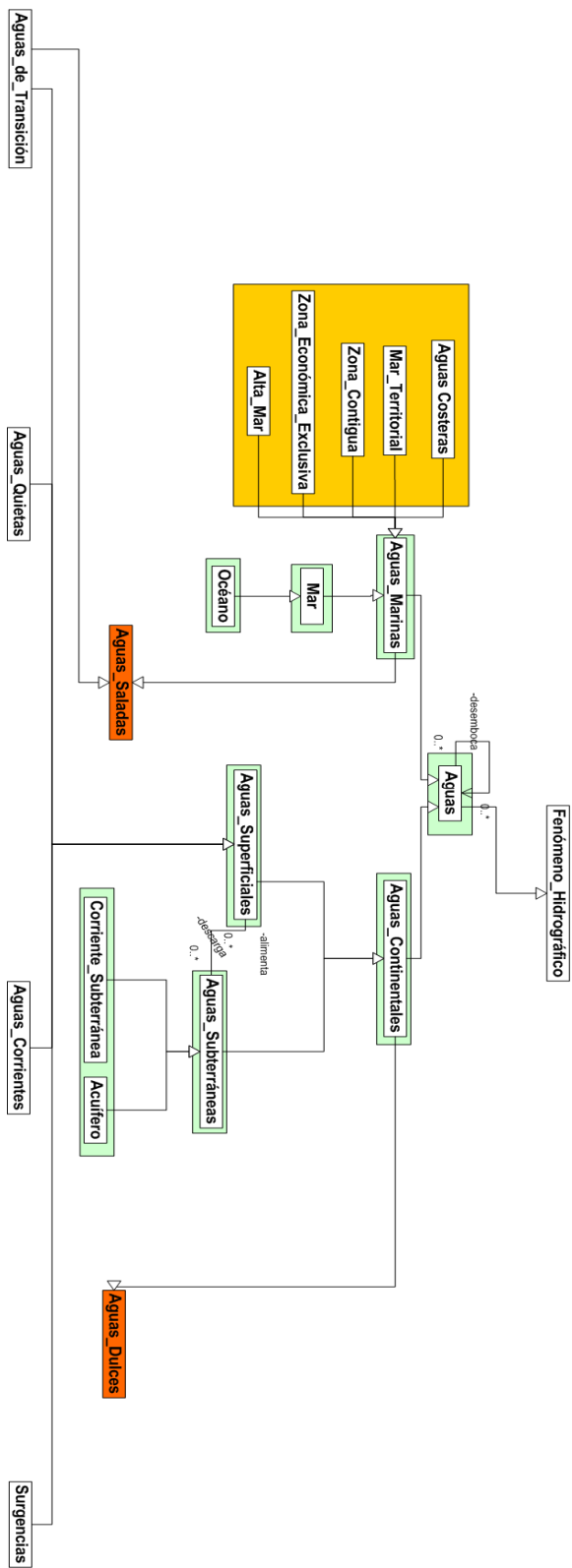
#### **4.3. El modelo de hydrOntology**

En esta sección se muestra una visión general del nivel superior de hydrOntology (ver abajo), para mostrar el grado de completitud de esta ontología. Está dividida en dos niveles: el nivel superior contiene los fenómenos más abstractos de la ontología y, en el nivel inferior, se recogen un conjunto de fenómenos hidrográficos universalmente conocidos.

El nivel superior contiene el concepto “Fenómeno Hidrográfico”, con conceptos más especializados como “Aguas Continentales” y “Aguas Marinas”. Bajo estos conceptos hay diferentes grados de especialización, aunque aparece una mayor profundización en “Aguas Continentales”, ya que es el foco de este trabajo. Estas son divididas, siguiendo la Directiva Marco del Agua [EU – European Parliament], en “Aguas Superficiales”; subdividida en “Aguas de transición”, “Aguas quietas”, “Aguas corrientes” y “Surgencias”; y “Aguas Subterráneas”. Para cada una de estas clases, se han identificado conceptos en el nivel inferior, donde es proporcionado un detallado conjunto de fenómenos hidrográficos.

---

<sup>8</sup> Laguna pequeña y poco profunda.





Además, varios fenómenos hidrográficos son considerados para poder relacionarlos con otras áreas de conocimiento, tales como, “aguas territoriales”, “zona contigua”, “alta mar”, etc. conceptos referidos al marco legal (derecho internacional); o el dominio geológico (hidrogeología) “corrientes subterráneas”, “acuíferos”, etc., o la ingeniería civil urbana (COST UCE Action C21, Towntology project<sup>9</sup>) “tubería”, “embalse”, “canal”, etc., pueden ser considerados como algunos ejemplos. Este hecho enriquece a esta ontología, ya que con ello se proporciona un crecimiento gradual en conocimiento y, por tanto, beneficios añadidos para los usuarios de IG en la Web.

## 5. Conclusiones

En una sociedad como la actual la disponibilidad de información múltiple en formato digital agiliza y facilita no sólo estructurar la información de partida sino también la toma de decisiones. En lo que concierne a la planificación territorial y, más concretamente, a la planificación de los aspectos hidráulicos del territorio, no cabe duda que la irrupción de la cartografía sectorial en formato digital y las TICs han supuesto un salto cualitativo que ha facilitado la planificación y la toma de decisiones en las propuestas de ordenación.

La implementación de los SIG Web e IDEs posibilitan la integración de información diversa procedente de diferentes productores. Esto está generando un acceso a la información inimaginable hasta hace muy poco tiempo. Sin embargo, las bases sobre las que se está realizando esta integración de conocimiento no son suficientemente sólidas, ya que no se está abordando la integración de los conceptos en los que se sustentan los datos. Ante esto, el IGN pretende hacer hincapié en el contenido de la información, es decir, en la semántica de la misma, para intentar asentar las bases, a través de *hydrOntology*, de una armonización del conocimiento en el área de la hidrografía, que contribuya a mejorar y facilitar el proceso de ordenación territorial y la toma de decisiones.

Todo ello, nos revela que el desarrollo e implementación de ontologías en los actuales SIG Web e IDEs repercutirá en importantes mejoras en los procesos de búsqueda, acceso, procesamiento y explotación de la IG y, por tanto, en los procesos de ordenación territorial. Este hecho dará lugar a la apertura de nuevos horizontes y posibilidades en los usos y utilidades de estas herramientas, derivando en un aumento de la confianza sobre la red, su utilidad y su uso.

## BIBLIOGRAFÍA

BERMUDEZ L, PIASECKI M. (2004) Role of Ontologies in Creating Hydrologic Metadata. International Conference on HydroScience and Engineering, Brisbane, Australia.

BERNAD, L.; EINSPIANIER, U.; HAUBROCK, S.; HÜBNER, S.; KUHN, W.; LESSING, R.; LUTZ, M.; VISSER, U. (2003) Ontologies for intelligent search and

---

<sup>9</sup> <http://www.towntology.net/>

semantic translation in Spatial Data Infrastructures, Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation (6).

EU - EUROPEAN PARLIAMENT, (2000). Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. The EU Water Framework Directive – integrated river basin management for Europe. L 327, 22/12/2000.

FONSECA F., EGENHOFER M., DAVIS C., BORGES K. Ontologies and Knowledge Sharing in Urban GIS. CEUS – Computer, Environment and Urban Systems 24 (3) (2000) p 232-251.

GUIMET, J.: (2003) Internet, información y territorio. Proceedings del 1er Congreso Internacional sobre Territorio y Ciudad. La metrópolis presente y futura. Barcelona.

GRUBER, T.R. (1993) A Translation Approach to Portable Ontology Specifications, Knowledge Acquisition 5, 2, pp. 199-221.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, ISO 5964:1985 (1985) Documentation - Guidelines for the establishment and development of multilingual thesauri.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, ISO 2788:1986 (1986) Guidelines for the establishment and development of monolingual thesauri.

INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, ISO 19110 (2005) Geographic information -- Methodology for feature cataloguing.

LATRE, M.A., ZARAZAGA-SORIA, F.J.; NOGUERAS-ISO, J.; BÉJAR, R.; MURO-MEDRANO, P.R. (2005) SDIGER: A cross-border inter-administration SDI to support WFD information access for Adour-Garonne and Ebro River Basins. Proceedings of the 11th EC GI & GIS Workshop, ESDI Setting the Framework.

STUDER, BENJAMINS, FENSEL. Knowledge Engineering: Principles and Methods. Data and Knowledge Engineering. 25 (1998) 161-197

TELLER J. , KEITA A. K. , ROUSSEY C. , LAURINI R. (2005), "Urban Ontologies for an improved communication in urban civil engineering projects", Proceedings of the International Conference on Spatial Analysis and Geomatics, Research & Developments, SAGEO 2005 Avignon, France, June, 20th-23rd.

VILCHES-BLÁZQUEZ, L. M.; BERNABÉ-POVEDA, M.A.; SUÁREZ-FIGUEROA, M. C., GÓMEZ-PÉREZ, A., RODRÍGUEZ-PASCUAL, A. F., (2007). Towntology & hydrOntology: Relationship between Urban and Hydrographic Features in the Geographic Information Domain. En Ontologies for Urban Development: Interfacing Urban Information Systems. Vol. 61 of Studies in Computational Intelligence. Springer, Ch., pp. 73–84.