

Modelado de la Información Geográfica basado en una Meta-ontología Geoespacial

Ana Tolaba¹, María Caliusco², María Galli³

^{1,2}CONICET – CIDISI UTN, Facultad Regional Santa Fe

³INGAR – CONICET – UTN, Facultad Regional Santa Fe

Lavaise 610 (S3004EWB), Santa Fe, Argentina

^{1,2,3}atolaba@frsf.utn.edu.ar

Resumen: El modelado de la información geográfica implica una serie de manipulaciones que deben definirse a través de parámetros específicos que contemplen su semántica, es decir que capturen las particularidades de la información geográfica. En este trabajo se presenta el proceso de construcción de un modelo semántico basado en una meta-ontología para representar los conceptos, relaciones y restricciones que tienen los datos geográficos, así como un caso de estudio del modelo generado.

Palabras Claves: Información Geográfica, Modelo Semántico, Ontologías, Bases de Datos Espaciales.

Abstract: The geographic information modelling implies a series of manipulations that must be defined through specific parameters that capture their semantics i.e. that capture the particularities of geographic information. In this paper the process of building a semantic model based on a meta-ontology to represent the concepts, relationships and constraints that have geographic data is presented, as well as a case study of the generated model.

Keywords: Geographic Information, Semantic Model, Ontologies, Spatial Database.

INTRODUCCIÓN

Los avances de las Tecnologías de la Información Geográfica han incrementado la producción, recopilación y difusión de datos geográficos, lo que favorece el diseño y desarrollo de Sistemas de Información Geográfica (GIS - Geographic Information Systems). Estos avances, han dado lugar a que las técnicas de representación, organización y búsqueda de información geográfica sean importantes debido a la gran cantidad de datos que se generan y que deben ser procesados de la mejor manera para poder extraer toda la información útil que sea posible (Fonseca and Llano, 2009).

En un GIS la información se encuentra distribuida en múltiples fuentes como bases de datos

geográficas, metadatos, catálogos de fenómenos, vocabularios, y modelos de datos (Suárez-Figueroa and Gómez-Pérez, 2008). Además, se debe tener en cuenta que la información empleada por los GIS puede haber sido generada por diferentes productores, con diferentes puntos de vista y vocabularios. Esto refleja la coexistencia de una gran variedad de fuentes con diferente información, estructura y semántica, lo que ocasionan problemas de heterogeneidad (Buccella and Cechich, 2007) (Wey, 2005).

Todo esto denota la necesidad de contar con una solución que permita la integración de los datos y el conocimiento embebido en los mismos, de manera eficiente. Es decir, se debe permitir a los usuarios acceder a los datos almacenados en fuentes de datos heterogéneas, presentando una única vista

unificada de esos datos, de forma que el usuario no llegue a percibir esta heterogeneidad (Berners-Lee, 2006). La integración de las fuentes de información implica resolver el problema de heterogeneidad.

Se identifican tres tipos de heterogeneidad: sintáctica, esquemática y semántica. La heterogeneidad sintáctica se refiere a la diferencia en el formato de datos, la heterogeneidad esquemática se refiere a las diferencias en el modelo de datos, en los esquemas. La heterogeneidad semántica es referida a las diferencias en la definición, en el significado que se pretende dar a los términos en contextos específicos (Stuckenschmidt, 2003).

Aproximadamente desde hace dos décadas se ha introducido el concepto de ontología como herramienta para solucionar los problemas principales de la heterogeneidad semántica (Gómez-Pérez et al., 2004). Las ontologías fueron introducidas por Grüber (Grüber, 1993) como una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida". El término conceptualización se refiere a un modelo abstracto de como el ser humano piensa comúnmente cosas del mundo real, como por ejemplo, un río. El término especificación explícita se refiere a que se ha dado un nombre y una definición a los conceptos y relaciones creados en el modelo abstracto. Formal se refiere al hecho que la ontología debe ser entendida por una computadora. Finalmente, compartida refleja la noción que una ontología captura conocimiento consensuado, es decir, es aceptada por un grupo o comunidad. Así, surgió una gran cantidad de propuestas diferentes con mayor o menor nivel de complejidad. En (Buccella and Cechich, 2007) se analizan diferentes propuestas que definen posibles enfoques de integración de GIS basados en ontologías. En general, los problemas de integración que surgen en los GIS son los mismos que en sistemas convencionales además de aquellos que sólo se aplican a este tipo de sistemas debido a la naturaleza de la informa-

ción geográfica. Por lo tanto, surge la necesidad de un nuevo enfoque que considere las características particulares de la información geográfica.

En (Tolaba, et al., 2013) se presentó una meta-ontología que modela las características principales del dominio geográfico. El propósito del presente trabajo es presentar un conjunto de reglas que a partir de una Base de Datos Geográfica genere una ontología que se adecúe más al dominio geográfico. Para ello, el resto del trabajo se estructura como sigue. En la siguiente sección se presenta las características de modelado de la información geográfica. A continuación se describen las diferentes formas consideradas para la construcción del modelado semántico de la información geográfica. Un caso de estudio es presentado posteriormente. Finalmente, en la última sección se revisan las ideas presentadas y se plantean los siguientes trabajos a realizar.

MODELADO DE LA INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La información que emplean los GIS puede proceder de diferentes fuentes y productores de información. Entre los elementos de información que se pueden encontrar están: bases de datos geográficas (Spatial Database - SDB), metadatos, catálogos de objetos geográficos entre otros.

Una SDB es una colección de datos organizados de tal manera que da soporte al almacenamiento de objetos espaciales y sirva efectivamente para una o varias aplicaciones GIS. Esta base de datos comprende la asociación entre sus dos principales componentes: datos espaciales y atributos o datos no espaciales (Services, 1998). Los datos espaciales describen la ubicación y topología de puntos, líneas, polígonos y rasgos de la superficie, en tanto los no espaciales describen las características de estos rasgos.

Generalmente, los modelos de datos empleados para la representación de datos geográficos son una

extensión de los modelos de datos relacionales, con la particularidad que éstos definen un tipo de dato que permite especificar los atributos espaciales o geométricos de los datos representados. Los motores de bases de datos espaciales adoptan el estándar OpenGIS (OGC, 2006) que define datos de tipo geométricos, además, incluye el identificador del sistema de referencia espacial (SRID), el cual es requerido cada vez que se inserta una instancia en un objeto espacial. El modelo conceptual de los objetos espaciales en el estándar OGC está formado por tres tablas (Figura 1). En una se define el objeto espacial en sí, TABLE_NAME, y en otras dos tablas se define el sistema de referencia espacial llamada SPATIAL_REF_SYS y la columna o atributo geométrico, llamada GEOMETRY_COLUMNS (ISO, 2001).

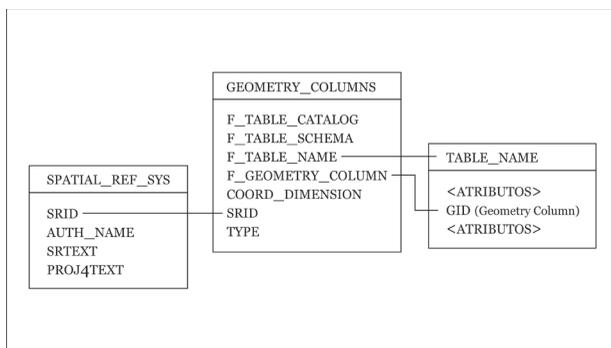


Fig. 1 - Definición de un objeto especial en el estándar OGC.

Un modelo de datos que represente la información geográfica debe proveer de un nivel de abstracción de modelo de modo que permita representar y diferenciar entre los diferentes tipos de datos involucrados en aplicaciones geográficas, representar diferentes tipos de relaciones, ser capaz de especificar restricciones de integridad así como las relaciones entre los objetos. Es decir, debe ser capaz de proporcionar una visualización clara y de fácil comprensión de la estructura de los datos (Borges et al., 2001).

El proceso de modelado conceptual debe incluir, por lo tanto, la descripción y definición de posibles

contenidos de los datos, así como las estructuras y reglas que se le aplican. Para el modelado de la información geográfica es necesario considerar los siguientes requisitos (Friis-Christensen et al., 2001):

- Propiedades espacio-temporales, incluyen los requisitos espaciales (coordenadas en un sistema de referencia, representación geométrica, puntos, líneas y polígonos), el tiempo (necesidad de registrar el tiempo de existencia y los cambios sufridos por un objeto) y atributos necesarios para la representación de los objetos.

- Roles, un mismo objeto geográfico puede definirse de diferentes maneras dependiendo del universo de discurso.

- Asociaciones, incluye las relaciones entre los objetos (pueden indicar que un objeto compone otro objeto), relaciones topológicas (meet, equal, overlap).

- Restricciones, debe ser posible fijar limitaciones a los objetos (por ejemplo, limitando valores de algún atributo). Las restricciones se asocian con la calidad de los datos, y se ve afectada negativamente cuando no se cumplen.

- Calidad de los datos, esta información es importante con el fin de conocer la credibilidad de la fuente y los datos.

MODELO SEMÁNTICO DE UNA SDB

Un modelo semántico proporciona una abstracción del mundo real y permite representar el conocimiento tácito de un área de conocimiento. Un modelo semántico se constituye habitualmente por una Ontología. Es decir, permite representar explícitamente el significado de términos en vocabularios y las relaciones entre esos términos de manera exhaustiva y rigurosa, con la finalidad de facilitar la comunicación y el intercambio de información entre diferentes sistemas.

El conocimiento representado en una ontología es formalizado a través de los siguientes componentes (Staab and Studer, 2009):

- Conceptos (Class): son las ideas a formalizar, son todas las ideas relevantes para un determinado dominio de aplicación y que pueden estar organizados en taxonomías.

- Funciones (Object Properties): son casos especiales de relaciones, donde se generan elementos mediante el cálculo de una función.

- Propiedades (Datatype properties): Los objetos se describen por medio de un conjunto de características o atributos. Estos almacenan diferentes clases de valores.

- Instancias (Individuals): se usan para representar elementos o individuos en una ontología.

- Axiomas (Axioms): Sirven para modelar sentencias que siempre van a ser ciertas. Se usan para representar conocimiento.

La obtención de una ontología puede llevarse a cabo mediante el empleo de técnicas de aprendizaje de ontologías a partir de fuentes de datos, estas técnicas comúnmente son denominadas como técnicas de *Ontology Learning (OL)* (Drumond and Gerardi, 2008). Estas técnicas extraen los conceptos y las relaciones en función del análisis del esquema de las fuentes de datos.

Sin embargo, la semántica obtenida mediante el empleo de técnicas de OL no puede cumplir con el requisito de la construcción de una ontología que contemple los requerimientos definidos para el modelado de la información geográfica (Sección anterior). Esto se debe a que no hay un estándar establecido en los métodos de OL y muchos de estos métodos no están asociados a modelos de datos espaciales sino que estos han sido desarrollados para trabajar con modelos de datos relacionales tradicionales.

META-ONTOLOGÍA GEOESPACIAL

Para describir el conocimiento sobre las características de los datos espaciales necesarios para expresar la comprensión de los objetos espaciales, en (Tolaba et al., 2013) se propuso una versión inicial de una meta-ontología geoespacial que cuenta con diferentes elementos que permiten expresar la comprensión de los objetos espaciales por parte de los usuarios/modeladores.

Los elementos que componen la Meta-ontología Geoespacial (Figura 2) son:

- Conceptos:
 - Objetos Geográficos. Representan al conjunto de objetos que tienen asociado una representación espacial y que pueden ser localizados empleando un sistema de coordenadas
 - Objetos No Geográficos. Representan a entidades del mundo real asociadas con un objeto geográfico o al dominio.
 - Geometría. Representan el conjunto de objetos relacionados a la representación espacial de un objeto geográfico.
 - Sistema de Referencia. Describe donde un objeto geográfico puede ser localizado en el mundo real.
 - Temporalidad. Representan el conjunto de objetos al que se les asigna un tiempo de validez, de transacción y de existencia.
- Relaciones:
 - Relaciones explicativas. Relación semántica y referencial que existe entre dos conceptos geográficos o no. El concepto no geográfico explica lo que se indica con otro concepto que puede o no ser geográfico. Por ejemplo, se considera como concepto geográfico "Parcela" y como concepto no geográfico "Propietario". Entre estos conceptos se establece la relación explicativa "tienePropietario" que permite relacionar instancias del concepto "Parcela" con instancias del concepto "Propietario".

- Relaciones topológicas (Equal, onTheLine, Overlap, Cross, Meet). Se establecen entre las instancias de los objetos geográficos.

de OL. La Meta-ontología contiene los conceptos más genéricos, así como también las relaciones que caracterizan a la información geográfica. A partir

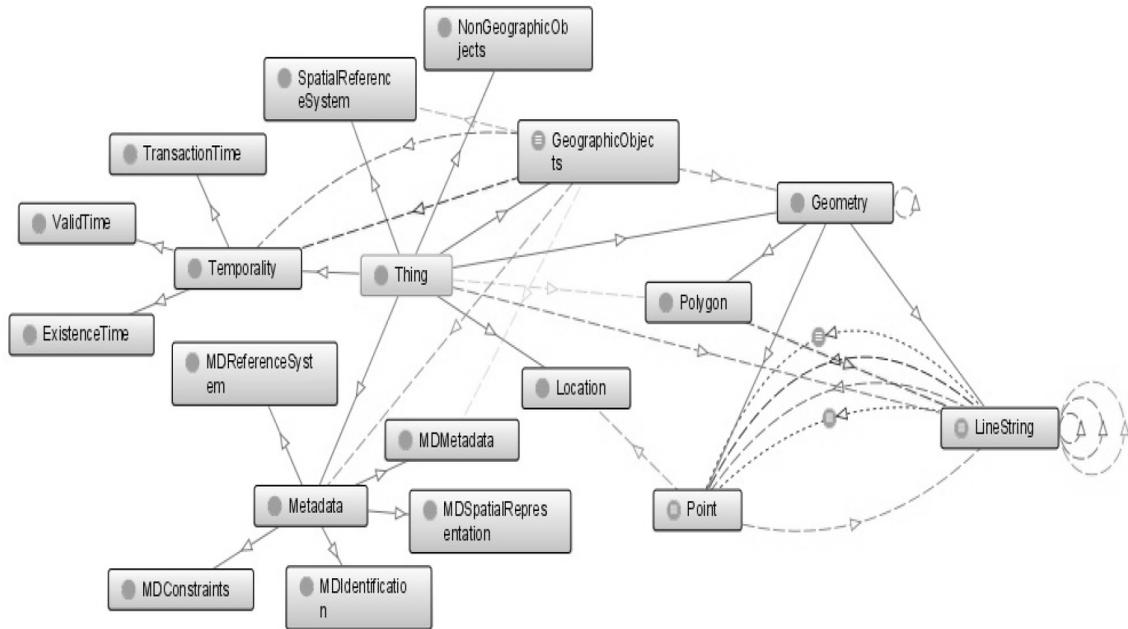


Fig. 2 - Meta-ontología Geoespacial.

- Axiomas:

- Axiomas de Integridad. Tiene como propósito restringir la definición de conceptos y sus relaciones, de manera que las definiciones de los términos de dominio se vuelvan más precisas. Por ejemplo, los conceptos geográficos tienen asociado un concepto geométrico y este concepto geométrico será único para el concepto geográfico que se está definiendo.
- Axiomas de Derivación. Consisten en una o más condiciones y conclusiones que ayudan a derivar las relaciones topológicas.

PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

La meta-ontología puede ser utilizada como marco para la construcción de ontologías de dominio a partir de una SDB en contraposición a las técnicas

de ella, Figura 3, se podrán definir ontologías de dominio que derivan de bases de datos espaciales. De esta forma, se tendrán ontologías de dominio que conceptualizan la información almacenada en bases de datos espaciales lo que permitirá facilitar la integración de ontologías que comparten la visión

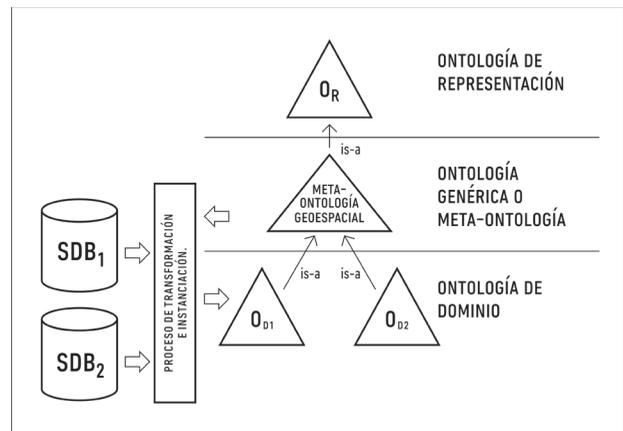


Fig. 3 - Funcionalidad de la Meta-ontología Geoespacial.

de un dominio a través del empleo de técnicas para la integración de ontologías desarrolladas, por ejemplo las desarrolladas por (Buccella et al., 2009) (Vilches Blázquez, 2011).

Utilizando la Meta-ontología Geoespacial se puede generar un modelo semántico de una SDB aplicando las siguientes reglas de transformación:

Reglas para transformar tablas

En la SDB diferentes tipos de tablas pueden ser identificadas. Cada una de estas tablas, pueden ser transformadas en diferentes elementos de la meta-ontología.

La SDB basadas en el Modelo de Datos Espacial del estándar OpenGIS define un tipo de datos geometry que contiene la geometría del objeto y sus coordenadas. Las tablas que cuenten con el atributo geometry son tablas que describen objetos espaciales por lo tanto se convertirán en conceptos geográficos. Además, de estas tablas se pueden encontrar otras, las cuales son empleadas para describir el dominio de información, estas tablas conformarán los conceptos no geográficos.

Por lo tanto, las tablas que representan objetos espaciales en la SDB se transforman en conceptos geográficos en la ontología con el mismo nombre. Del mismo modo aquellas tablas que representan objetos no espaciales, que no tienen el atributo geometry, serán transformadas en conceptos no geográficos considerando aquellas tablas donde la clave primaria de la tabla no está formada únicamente por claves foráneas.

Reglas para transformar columnas

Los atributos de la información son almacenados en las tablas como columnas, estos deben ser transformados como propiedades de los conceptos. Aquellos atributos que no forman parte de la clave foránea se corresponderán a los datatype properties de la ontología con el mismo nombre que corresponde con la columna. El dominio es el

concepto creado por la tabla y el rango el datatype de la columna de la tabla.

En el caso de los atributos espaciales, geometry, de un objeto espacial debido a que no se corresponde con ningún tipo de dato estándar, como entero o cadena se establece su representación mediante los conceptos de Geometría, Sistemas de Referencia.

Mientras que los que pertenecen a la Foreign key se transformarán en Object Properties de la ontología. Existe otro tipo de Object Properties que permiten definir las relaciones espaciales entre conceptos. Esta relación establece la relación entre un objeto que no tenga el atributo geometry en la tabla pero si este relacionado con un objeto espacial.

Reglas para transformar registros

Estas permitirán realizar un proceso de instanciación de la ontología consistente en el mapeo de tuplas almacenadas en la SDB como instancias de la ontología. El mapeo puede definirse como un conjunto de correspondencias orientadas en la que los elementos de las tuplas de la SDB aparecen en más de una oportunidad. La relación entre una tupla de la SDB y un conjunto de elementos de la ontología es la equivalencia, expresada como <id, sdbe, oe>. Donde id es el identificador de la equivalencia, sdbe es el elemento de la SDB (tabla, columna, clave) identificada de acuerdo a su tipo y nombre y por último oe es el conjunto de elementos de la ontología que deben ser instanciados considerando las reglas definidas para la meta-ontología.

CASO DE ESTUDIO

A continuación se presenta un ejemplo de modelado de una aplicación GIS Web mediante la técnica de Ontology Learning y luego mediante el empleo de la Meta-ontología Geoespacial utilizando las reglas de transformación definidas en la sección anterior.

La aplicación GIS Web constituye una herramienta que permite la publicación y consulta de información geográfica de la ciudad de San Salvador de Jujuy (Revollo Sarmiento et al., 2010), ésta aplicación fue generada a partir de información catastral de la ciudad. La aplicación permite la visualización de mapas temáticos de acuerdo a puntos de interés, como así también la identificación de distintos lugares que prestan diferentes servicios. A partir de la aplicación GIS Web se pudo identificar distintos elementos involucrados (Figura 4), lo que permitió definir los dominios comprendidos por la aplicación en este caso el dominio geográfico referido a la información catastral y el dominio del turismo.

Modelado mediante proceso de Ontology Learning

Para la obtención de la ontología a partir de la SDB de la aplicación GIS se empleó el editor de ontologías Protégé que es la herramienta Open Source más ampliamente utilizada con el plug-in DataMaster. El empleo de este plug-in permite

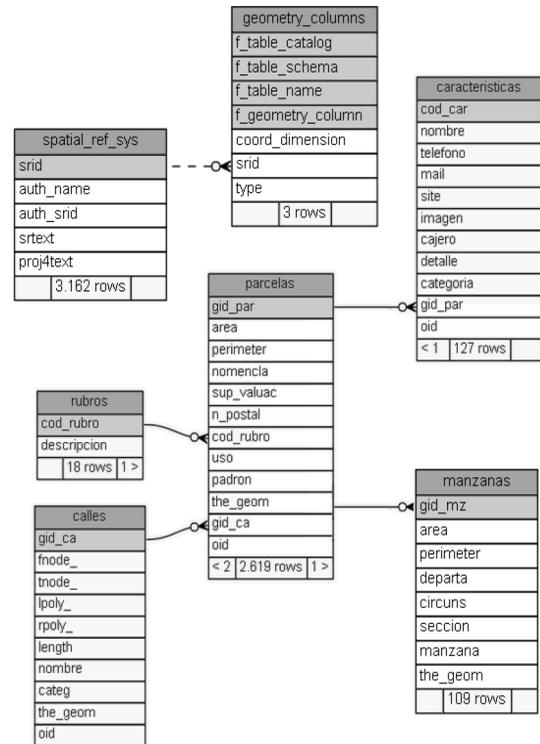


Fig. 4 - Esquema de datos del al SDB

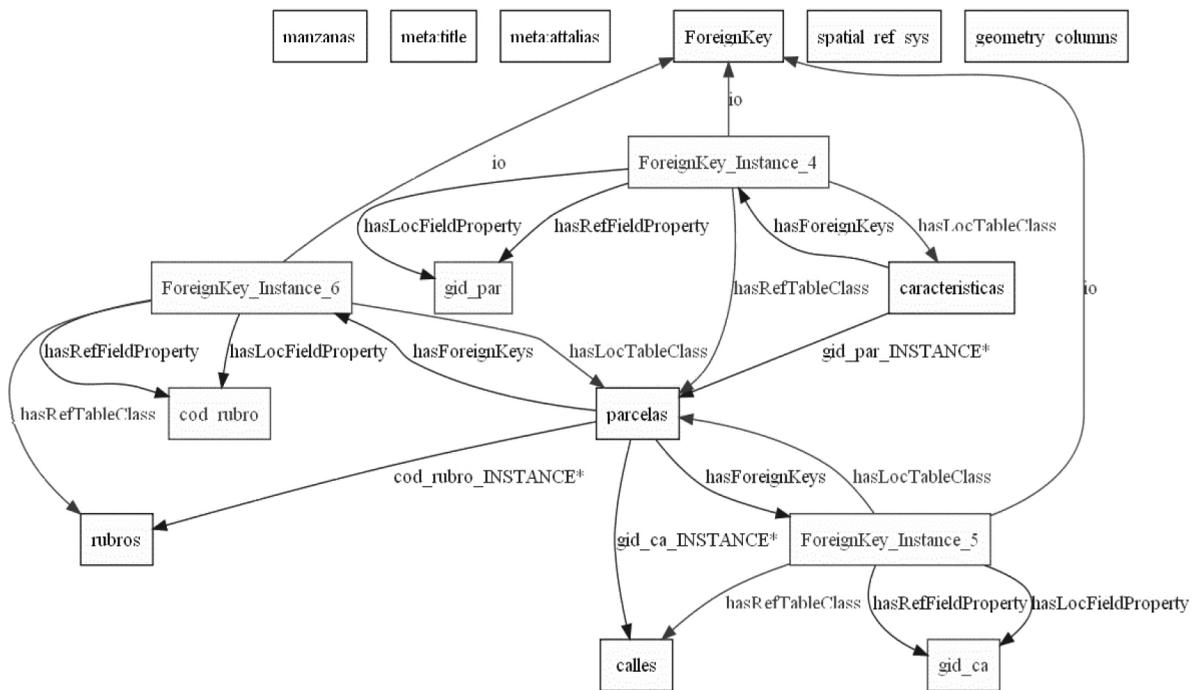


Fig. 5 - Ontología obtenida mediante Ontology Learning.

<http://protege.stanford.edu>

obtener una ontología que representa el esquema de la estructura y los datos de una base de datos.

En el caso de estudio, la ontología generada a partir de la SDB de la aplicación GIS, se identificaron conceptos que se corresponde con los elementos involucrados en el dominio de la aplicación como Manzanas, Parcelas, Rubros, Característica, Calles, a estos se suman los términos `spatial_ref_sys` y `geometry_columns` que especifican la parte geográfica de las entidades espaciales, sistema de referencia espacial y geometría vinculada a los objetos de la base de datos.

De acuerdo a la representación de las entidades se verificó que hay algunas relaciones que no están representadas en la ontología. En el caso de las entidades espaciales manzanas, parcelas y calles las mismas no tienen relación con la entidad `geometry_columns` la cual establece la geometría del objeto, ni con la entidad `spatial_ref_sys` que establece el sistema de referencia. Además, se identificó la ausencia de relación entre las entidades manzana y parcela. En la ontología obtenida, Figura 5, se observan las siguientes relaciones entre las principales entidades:

- `gid_par_INSTANCE` que representa la relación entre parcela y características.
- `gid_ca_INSTANCE` que representa la relación entre parcela y calle.
- `cod_rubro_INSTANCE` que representa la relación entre parcela y rubro.

Modelado mediante el empleo de la Meta-ontología Geoespacial.

Para la obtención de los elementos de la meta-ontología se aplicaron reglas de transformación que permiten realizar la transformación del esquema de datos de la SDB basada en los estándares de la Open GIS.

Mediante el empleo de estas reglas se procede a la extensión de la meta-ontología. En la Tabla 1

se muestra la estructura de las tablas de la SDB de la aplicación de turismo implementada en PostGIS .

De acuerdo con las reglas de transformación del esquema de la SDB se establecieron correspondencias entre los elementos de la meta-ontología, Tabla 2.

En la Figura 6 se muestra la ontología con las correspondencias obtenidas del proceso de transformación.

NÚMERO	TABLA	TYPE
1	PARCELAS(GID_PAR, NOMECLA, PADRON, N_POSTAL, GID_MZ, GID_RUBRO, GID_CA).	TGO
2	MANZANAS(GID_MZ, AREA, PERIMETER, DEPARTA, SECCION).	TGO
3	CALLES(GID_CA, NOMBRE, CATEG, LENGTH, FNODE, TNODE).	TGO
4	RUBROS(GID_RUBRO, DESCRIPCION).	TNGO
5	CARACTERISTICAS(COD_CAR, NOMBRE, TELEFONO, MAIL, SITE, DETALLE, CATEGORÍA, GID_PAR).	TNGO

Tabla 1 - Esquema de la SDB de la aplicación GIS.

De acuerdo con las reglas de transformación del esquema de la SDB se establecieron correspondencias entre los elementos de la meta-ontología, Tabla 2.

En la Figura 6 se muestra la ontología con las correspondencias obtenidas del proceso de transformación.

Evaluación de los modelos

La evaluación del modelo semántico debe realizarse como cualquier componente de software, el proceso consiste en la emisión de un juicio técnico del contenido con respecto a un marco de referencia, requerimientos, entre otros (Suárez-Figueroa and Gómez-Pérez, 2008). El objetivo de la evaluación es identificar errores en el modelado de los objetos geográficos, verificando que no se definió o que se

NÚMERO	TABLA	TYPE
1	SDB TABLE (PARCELAS)	GEOGRAPHIC OBJECT (PARCELAS).
2	SDB TABLE (MANZANAS)	GEOGRAPHIC OBJECT (MANZANAS).
3	SDB TABLE (CALLES)	GEOGRAPHIC OBJECT (CALLES).
4	SDB TABLE (RUBROS)	NONGEOGRAPHIC OBJECT (RUBROS).
5	SDB COLUMN (PARCELAS.PADRON)	DATATYPE PROPERTIES (PADRON, DOMAIN: PARCELA, DANGE:XSD:STRING).
6	SDB COLUMN (CALLES.GEOM)	GEOMETRY: LINESTRING OBJECT PROPERTIE HAS_GEOMETRY (CALLES. LINESTRING).

Tabla 2 - Ejemplo de mapeo entre elementos de la SDB y la meta-ontología.

hizo de forma incorrecta.

Para garantizar la consistencia de la ontología se validó la definición de los conceptos y su jerarquía de modo de identificar posibles errores de integridad. Para realizar estas tarea se empleó el razonador Pellet (Clark and Parsia, 2014). Pellet puede ser instalado como un plugin de Protégé, es compatible con el lenguaje OWL2 y con el lenguaje de definición de reglas SWRL (Semantic Web Rule Language), Figura 6.

Para realizar un análisis de los modelos ontológicos obtenidos ya sea mediante técnicas de Ontology Learning o el empleo de la meta-ontología se definieron las siguientes métricas:

- Tamaño:
- Número Total de Clases.
- Número Total de Object Properties.

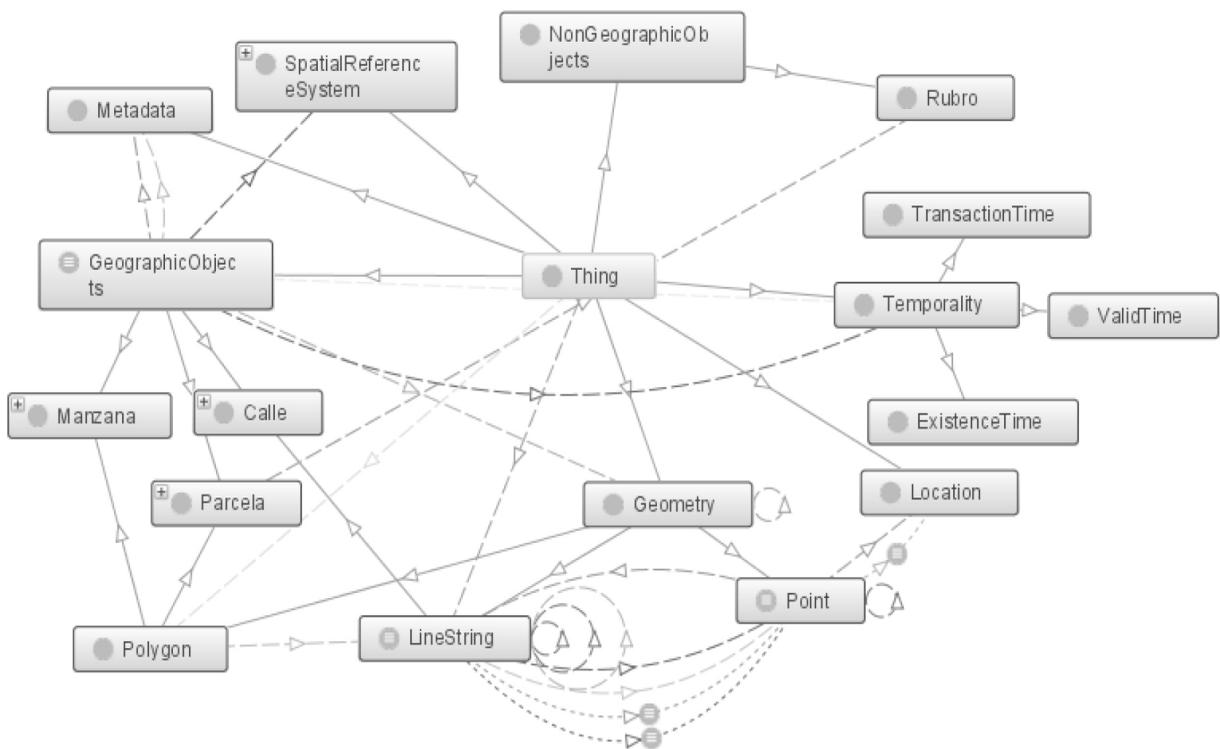


Fig. 6 - Ontología obtenida como extensión de la Meta-ontología Geoespacial.

⁴PostGIS modulo que da soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional PostgreSQL.

- Número Total de Datatype Properties.
- Completitud: se refiere a si el modelo contiene toda la información requerida para apoyar la funcionalidad del sistema.
 - RequirementsCoverage=X/Y, donde X es el número de requerimientos cubiertos por los elementos del modelo. Y, es el número total de requerimientos.interpretabilidad: se refiere a si es fácil de interpretar por los usuarios.
 - I=SW/WCP, donde SW es el número de palabras usado para definir clases y propiedades que tienen sentido en al menos un marco de referencia. WCP número total de diferentes palabras usadas para definir clases y propiedades en la ontología.
- Claridad: se refiere a la facilidad con la que los conceptos y estructura en el modelo pueden ser entendidas.
 - $Cl = \sum Si / TN$, donde Ni es el número de clases o propiedades en la ontología. Sea Si el número de palabras en el marco de referencia y TN el número total de clases o propiedades en la ontología.

MÉTRICA	MODELO A (ONTOLOGY LEARNING)	MODELO B (META-ONTOLOGÍA GEOESPACIAL)
TAMAÑO	CLASES: 10 OBJECT PROPERTIES:10 DATATYPE PROPERTIES: 10	CLASES: 17 OBJECT PROPERTIES: 21 DATATYPE PROPERTIES: 5
COMPLETITUD	0,4	0,8
INTERPRETABILIDAD	0,33	0,872
CLARIDAD	0,55	0,93

Tabla 3 - Métricas de evaluación de los modelos ontológicos.

Los modelos obtenidos deben satisfacer estas métricas. El rango de valores oscila entre 0 y 1, donde 0 indica que el modelo no cuenta con esta característica y 1 que sí. En la Tabla 3 se muestra una

comparación de los valores obtenidos. En dicha tabla se observa que la creación de una ontología a partir de la meta-ontología ofrece mejores resultados ya que las métricas indican que la ontología obtenida será más clara, interpretable y más completa, esto evidencia que debido a las particularidades de las SDB el empleo de técnicas de ontology learning requieren necesariamente de un proceso de reingeniería.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este trabajo se ha presentado un caso de estudio que permite el análisis de métodos para la obtención de una ontología que permite el modelado de información geográfica de modo de proporcionar al usuario un conjunto de características que deben expresar los conceptos relacionados con el dominio geoespacial.

Si bien existen herramientas que pueden facilitar la tarea de extracción de forma automática de los datos existentes en la representación de la ontología, Ontology Learning, los resultados obtenidos pueden no satisfacer plenamente los requerimientos establecidos, es por ello que es necesario realizar las modificaciones que se consideren necesarias para mejorar su representación.

Por lo tanto, al obtener ontologías mediante las técnicas de Ontology Learning debe considerarse optar por el enriquecimiento de la ontología obtenida mediante el empleo de otros recursos ontológicos llevando a cabo un proceso de reingeniería.

El empleo de la meta-ontología geoespacial ofrece un conjunto de conceptos para extender, que sirven de apoyo para la representación de los datos geográficos que describen objetos del mundo real y consideran las características de los diferentes objetos.

Como trabajo futuro, se plantea la definición de un marco de trabajo que permita obtener una ontología enriquecida de dominio a partir de las

fuentes de datos, lo que permitirá agregar nuevos conceptos, nuevas relaciones y restricciones.

REFERENCIAS

- Fonseca Rainer Larin y Garea Llano Eduardo, "Integración Semántica de Datos Espaciales con Sistemas de Información Geográfica", XIII Convención Internacional Informática (2009).
- Suárez-Figueroa, M. C., y Gómez-Pérez A., "First attempt towards a standard glossary of ontology engineering terminology", 8th International conference on Terminology and Knowledge Engineering, Copenhagen Demark (2008).
- Buccella Agustina y Cechich Alejandra, "Towards Integration of Geographic Information Systems", *Electronic Notes in Theoretical Computer Science (ENTCS)* 168, 45-49, (2007).
- Wey Cui, "Using Ontology to Achieve the Semantic Integration and Interoperation of the Geography Information System", *Geoscience and Remote Sensing Symposium. IGARSS '05 Proceedings. IEEE International*, vol.2, (2005).
- Berners-Lee, Tim, "Design Issues: Linked Data." <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>, (2006).
- Stuckenschmidt H, "Ontology-Based Information Sharing in Weakly Structured Environments". *Vrije Universiteit Amsterdam (NL)*, (2003).
- Gómez-Pérez Asunción, Fernández-López Mariano y Corcho Óscar. "Ontological engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web", (2004).
- Grüber Thomas R., "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications", *Knowledge Acquisiton - Special issue: Current issues in knowledge modeling* 5(2):199-220, (1993).
- Tolaba Ana Carolina, Caliusco Ma. Laura y Galli Ma. Rosa, "Meta-ontología Geoespacial: Ontología para Representar la Semántica del Dominio Geoespacial." *1er Congreso Nacional de Ingeniería Informática / Sistemas de Información. Cordoba, Argentina*, (2013).
- Services, Inc. ESRI Educational. *Environmental Systems Research Institute*, (1998).
- OGC. "OpenGIS Consortium Standards." <http://www.opengis.org>, (2006).
- ISO, International Standar Organization. "ISO/TC 211 19125-2. Simple Feature Access - Part 2:SQL Option"; (2001).
- Borges, Karla A. V., Clodoveu A. Davis, y Alberto H. F. Laender. "OMT-G: An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications", *Geoinformatica* 5(3):221-60, (2001).
- Friis-Christensen, Anders, Nectaria Tryfona, y Christian S. Jensen, "Requirements and research issues in geographic data modeling" *Proceedings of the ninth ACM international symposium on Advances in geographic information systems*, 2-8, New York, New York, USA: ACM Press, (2001).
- Staab, Steffen, y Rudi Studer, "Handbook on Ontologies". Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, (2009).
- Drumond, L, y R. Gerardi. "A Survey of Ontology Learning Procedures." *3rd Workshop on Ontologies and their Application*, (2008).
- Buccella, Agustina, Cechich Alejandra y Fillottrani Pablo. "Ontology-driven geographic information integration: A survey of current approaches." *Computers & Geosciences* 35(4):710-23, (2009).
- Vilches Blázquez, Luis Manuel. "Metodología para la integración basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio hidrográfico". *Universidad Politecnica de Madrid*, (2011).
- Revollo Sarmiento, Gisela, Tolaba Ana Carolina, y Revollo Sarmiento Natalia. "SIG Web en Entornos Open Source Aplicados a la Reconstrucción de Información Geográfica de la Ciudad de San Salvador de Jujuy", *1ras Jornadas de las Nuevas Tecnologías de la Información Geográfica del Sur Argentino, Bahía Blanca*, (2010).
- Clark, Kendall, y Bijan Parsia. "Pellet: Owl 2 reasoner for java." <http://clarkparsia.com/pellet/>, (2014).