

Meta-ontología Geoespacial: Ontología para Representar la Semántica del Dominio Geoespacial

Tolaba, Ana Carolina¹; Caliusco, Ma. Laura¹; Galli, Ma. Rosa²

¹CONICET - CIDISI UTN, Facultad Regional Santa Fe

²INGAR - CONICET - UTN, Facultad Regional Santa Fe

Abstract

Para poder definir la semántica de los datos geográficos almacenados en una Base de Datos Espaciales (BDE) es necesario definir una ontología geoespacial que conceptualice los fenómenos geográficos del mundo real en función del esquema de la BDE y la información correspondiente al dominio en el que es empleada la misma. Los fenómenos geográficos no tienen una simple localización relativa a la Tierra, sino que están intrínsecamente vinculados al espacio, heredando del mismo muchas de sus propiedades estructurales, tales como: topológicas y geométricas. Dichas propiedades deben hacerse explícitas al crear una ontología geoespacial. Por lo tanto, el objetivo de este trabajo es presentar una meta-ontología geoespacial que permita conceptualizar las particularidades de los objetos geoespaciales a partir de la cual se pueda crear luego una geo-ontología de un dominio dado a partir de una Base de Datos Espaciales.

Palabras Clave

Meta-ontología, Base de Datos Espaciales, Dominio Geográfico, SIG.

Introducción

Actualmente, la información geográfica es capturada, gestionada y actualizada por diferentes organizaciones y productores de información con diferentes niveles de granularidad, calidad y estructura. Esto genera la construcción de múltiples conjuntos de bases de datos espaciales (BDE) con gran heterogeneidad [1]. Las BDE pueden ser implementadas mediante una tabla única donde toda la información es almacenada, o pueden emplear diferentes tablas con o sin relaciones entre ellas. Todo esto dificulta la posibilidad de reusar y/o compartir la información geográfica [2].

Para poder compartir información geográfica heterogénea, se han definido diferentes métodos. Estos métodos incluyen el desarrollo de estándares y la definición

de formatos para el intercambio de los datos. En el dominio de Sistemas de información geográfica (SIG o GIS según su acrónimo en inglés) se han desarrollado estándares para el tratamiento de la información geográfica entre los que se encuentran la estandarización ISO/TC211, además de Geographic Markup Language (GML), Web Map Service (WMS) y Web Feature Service (WFS) definidos por el Open Geospatial Consortium (OGC) [3]. Sin embargo, estos estándares no trascienden el ámbito técnico, por lo que no tienen en cuenta las cuestiones semánticas a nivel de aplicación. Para cumplir con este propósito se propone el empleo de modelos semánticos [4].

El papel de la semántica, en la interoperabilidad e integración de datos heterogéneos ha sido reconocido desde hace tiempo [5]. Existen diferentes trabajos en los que se propone el desarrollo de ontologías en el dominio geográfico.

Buccella [6] propone una arquitectura y un proceso para la integración de fuentes geográficas basado en tareas lógicas y no lógicas. Las tareas lógicas se emplean para calcular inferencias de la semántica de los datos mediante ontologías. Las tareas no lógicas apuntan a encontrar similitudes basadas en análisis sintácticos y estructurales de los datos geográficos. Esta propuesta es considerada a nivel de esquema y no considera las instancias de los conceptos, es decir tiene en cuenta sólo las estructuras de los datos.

Oliva Santos [7] presenta un modelo de integración entre datos, metadatos y conocimiento geográfico. El modelo se conforma considerando un modelo de persistencia para la integración de la

información y un modelo de gestión como una capa de abstracción del modelo de persistencia. En este trabajo se plantea la necesidad de un mecanismo para la integración y recuperación de la información. Si bien en este trabajo se muestra un modelo que emplea las ontologías como estructura de integración y representación formal de conocimiento no se especifican las características a considerar de las ontologías existentes para lograr la integración.

Vilches Blázquez [8] propone una metodología basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio geográfico. Si bien esta metodología indica la construcción de recursos ontológicos se caracteriza por estar limitada al dominio hidrográfico.

A pesar de que los trabajos mencionados anteriormente representan un avance en el área, estas propuestas presentan limitaciones asociadas a la falta de consideración de muchas de las características particulares de los objetos espaciales almacenados en una BDE, por ejemplo no consideran las relaciones topológicas y espaciales de los objetos geoespaciales.

Por otro lado, se observa que la heterogeneidad asociada al concepto objeto geoespacial, el cual es la unidad básica de la información geográfica en casi todos los modelos de datos asociados a un SIG, aumenta como consecuencia de las necesidades de los diferentes productores de información geográfica.

Dentro de este contexto, el presente trabajo propone el desarrollo de una meta-ontología geoespacial que permite conceptualizar las particularidades de un objeto geoespacial. Esta meta-ontología permitirá modelar clases y relaciones que pueden ser instanciados por ontologías de dominio para alcanzar la interoperabilidad semántica entre SIG o podrá ser implementada por un lenguaje que permita modelar de forma no ambigua los objetos geoespaciales.

El resto del trabajo está organizado de la siguiente manera: a continuación se

describen las características del modelo de datos geográficos; luego se presenta la meta-ontología propuesta, su rol y arquitectura; y por último se discuten las conclusiones y trabajos futuros.

Modelado de Datos Geográficos

Con el propósito de entender el rol de las ontologías en el modelado de datos geográficos, nos basamos en un paradigma de cuatro niveles con una perspectiva humana basado en [9] [10]. En la Figura 1 se describe este paradigma a través de cuatro etapas en el modelado de datos geográficos: Realidad (Objeto Geoespacial), Representación Cognitiva, Conceptualización, (Modelado Conceptual) y Concretización (Modelado físico).

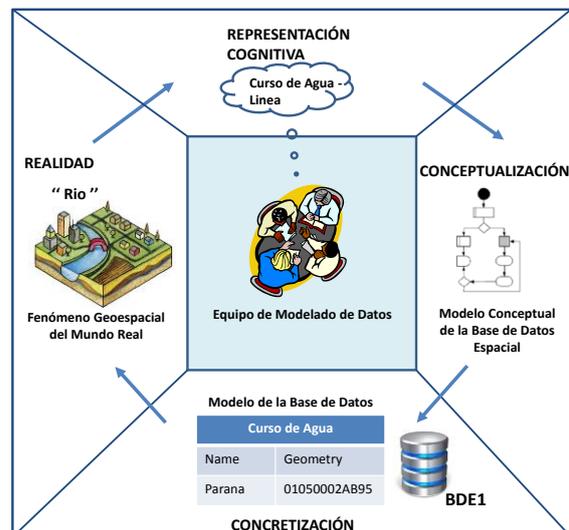


Figura 1. Etapas para el modelado de datos geográficos.

Realidad (Objeto Geoespacial)

La realidad geográfica está compuesta por diferentes objetos geoespaciales o fenómenos del mundo real, como edificio, río o ciudad, que pueden ser adyacentes entre sí o coincidir espacialmente [9]. Un objeto geoespacial describe las abstracciones de elementos del mundo real relativos a la superficie terrestre que están asociadas a una posición geográfica definida y un sistema de referencia espacial. El objeto geoespacial es el punto de partida para el modelado de la información geoespacial.

Representación Cognitiva

La representación cognitiva captura cómo las personas perciben el mundo real. Es una vista abstracta y simplificada del mundo que se desea representar para algún propósito [11]. Es decir, representa el punto de vista, las ideas o pensamientos en la mente, de uno o de un grupo de individuos y cómo éstos interpretan la realidad [10]. Cada persona puede interpretar de forma distinta a un mismo objeto geoespacial, debido a que las personas construyen su modelo mental concentrándose en los aspectos necesarios para resolver una determinada tarea. Por ejemplo, una persona puede hacer una representación cognitiva de una ciudad de forma puntual o poligonal. Una ciudad, tendrá sentido considerarla poligonal en estudios de planificación urbana. En el dominio hidrológico la representación cognitiva se asocia a objetos lineales, por ejemplo los cauces o cursos de agua.

Conceptualización (Modelado Conceptual)

El objetivo de la conceptualización es organizar y estructurar la representación cognitiva en un modelo conceptual que describa el problema y su solución en términos del vocabulario del dominio.

Un modelo conceptual permite estructurar los datos de manera lógica de forma tal que se representen los objetos geoespaciales y sus relaciones.

El modelo conceptual de un objeto geoespacial debe simular características y comportamientos de su realidad, esto se realiza a través de la definición de relaciones (y atributos). Las relaciones son correspondencias o interacciones entre dos o más objetos. Entre las relaciones que caracterizan a un objeto espacial se encuentran las relaciones topológicas. Egenhofer [12] definió ocho relaciones topológicas: toca a (meet), cubre parte de (overlap), contiene a (contains), no toca a (disjoints), dentro de (inside), igual (equal), cubre a (covers) y es cubierto por (covered). En el contexto del modelado de datos geográficos, el modelado conceptual es el

modelo de datos que define la estructura de la información que se va a almacenar así como las principales características de las mismas [13].

Los objetos geoespaciales poseen tres características básicas: atributos, localización y topología [14]. Los atributos refieren a características de los objetos que permiten saber qué son. La localización es representada por la geometría del objeto y su ubicación espacial y permiten saber dónde está el objeto y qué espacio ocupa. La topología definida a través de relaciones espaciales permite conocer la relación que tiene un objeto geoespacial con otro.

Los modelos de datos desarrollados para la representación de objetos geoespaciales se basan en modelos existentes empleados para el modelado de datos comunes, como el modelo de entidad relación [15] y los modelos de datos orientados a objetos [16]. Sin embargo, estos modelos presentan limitaciones en el modelado, ya que no incluyen elementos que permiten la representación de los objetos geoespaciales. El modelado de los aspectos espaciales es importante en la creación de una BDE, ya que se trata de una abstracción de la realidad geográfica, donde la vista del usuario del mundo real varía de lo que tiene que representar y los que se espera obtener de esa representación. Por lo tanto el modelado de datos geoespaciales requiere de un lenguaje de modelado que permite construir modelos de datos más específicos y capaces de capturar la semántica de los objetos geoespaciales [17].

Concretización (Modelado Físico)

La concretización permite representar de forma física los elementos especificados en el modelo conceptual. Las bases de datos espaciales son empleadas para la representación física de los objetos geoespaciales. La mayoría de los sistemas de gestión de bases de datos espaciales (SDBMS) actuales implementan extensiones a bases de datos relacionales para la representación de los objetos espaciales. Entre los SDBMS más usados se

encuentran Postgres¹ +PostGIS², Oracle Spatial SQL³ y MySQLSpatial⁴.

Los motores de BDE como Oracle Spatial y PostGIS adoptan el estándar OpenGIS que define datos geométricos de tipo Point, LineString, Polygon, Multipoint, Multilinestring, Multipolygon y GeometryCollection [18]. Además, la especificación OpenGIS requiere que los objetos incluyan 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 OpenGIS Fig. 2 está formado por tres tablas. 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 [19].

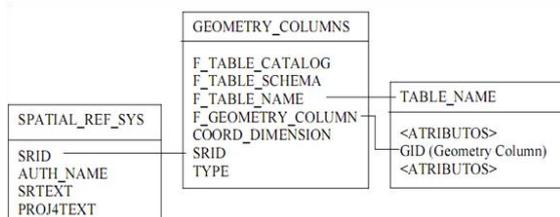


Figura 2. Definición de un objeto espacial en el estándar OpenGIS del OGC

La concretización de los modelos conceptuales genera la creación de diversas formas de representación ocasionando heterogeneidad sintáctica y semántica en los datos representados. La heterogeneidad sintáctica se refiere a las diferencias en formatos y modelos de datos. La heterogeneidad semántica está presente cuando existe un desacuerdo en el significado, interpretación o uso previsto de los datos.

Para solucionar los inconvenientes de heterogeneidad sintáctica se han desarrollado estándares que contienen guías técnicas para asegurar la generación de información consistente. El Open Geospatial Consortium (OGC) define estándares para tratar con métodos, herramientas y servicios para la administración adquisición, presentación y transferencia de la información espacial entre diferentes usuarios, sistemas y localizaciones [3].

Sin embargo, estos estándares no trascienden el ámbito técnico, por lo que no tienen en cuenta las cuestiones semánticas a nivel de aplicación. Por lo tanto, para solucionar el problema de heterogeneidad semántica y facilitar la integración de los datos geoespaciales es necesario el empleo de un artefacto de representación que permitan capturar la semántica de la información.

Ontologías

La ingeniería ontológica trata sobre la teoría y técnicas referentes a la definición de la semántica de la información utilizando como estructura de representación una ontología. Una de las definiciones de ontología más usada es la dada por Gruber [20], “una ontología es una especificación explícita de una conceptualización”, las cuales se conforman mediante el acuerdo de una comunidad experta en un dominio.

Existen diferentes clases de ontologías y diferentes formas de clasificarlas [21]. Teniendo en cuenta el ámbito de conceptualización las ontologías se pueden clasificar en:

Ontologías Terminológicas: Especifican los términos usados para representar conocimiento en un dominio determinado.

Ontologías de Representación: proporcionan conceptos subyacentes a los paradigmas o formalismos de representación del conocimiento, es decir, proporcionan el vocabulario necesario para modelar otras ontologías.

¹ <http://www.postgresql.org/>

² <http://postgis.net>

³

<http://www.oracle.com/es/products/database/options/spatial/index.html>

⁴ <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/spatial-extensions.html>

Ontologías genéricas o meta-ontologías: proporcionan términos genéricos reutilizables en diferentes dominios.

Ontologías de dominio: los conceptos en este tipo de ontologías son definidos usualmente como especializaciones de conceptos existentes en una ontología genérica.

Roles de la Meta-Ontología Geoespacial

A nivel de conceptualización

Basándose en el modelo propuesto por Guizzardi [22], el propósito de emplear la meta-ontología a nivel de conceptualización es proporcionar al usuario un conjunto de características que deben expresar los conceptos relacionados con el dominio geoespacial. Estos conceptos se utilizan para expresar o representar la abstracción del dominio, es decir, el modelo de la realidad. En este caso la meta-ontología geoespacial cumpliría el rol de una ontología terminológica.

En la Figura 3 se muestra la interacción entre los distintos elementos necesarios para el modelado de los objetos geoespaciales. La abstracción es la idea que sólo existe en la mente del usuario o grupo de usuarios. La conceptualización de la abstracción se puede realizar mediante la utilización de una meta-ontología (meta-ontología geoespacial) mientras que para poder representar la abstracción del dominio es necesario contar con un lenguaje de modelado (Lenguaje de Modelado de una BDE). El lenguaje de modelado es utilizado para la creación de un modelo de representación (Modelo de una BDE). De esta manera se contaría con un lenguaje que permite representar los elementos geoespaciales identificados en la abstracción de forma clara y no ambigua al estar basado en un modelo formal como lo es una ontología.

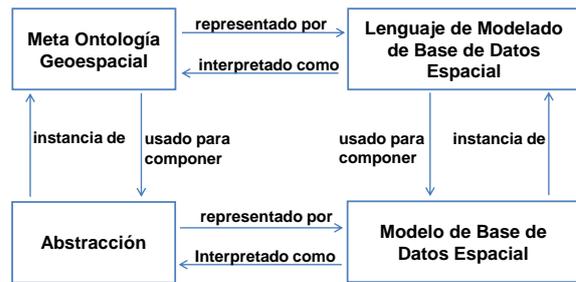


Figura 3. Relaciones entre Meta-ontología, Abstracción, Modelo y lenguaje de modelado.

A nivel de concretización

El propósito de establecer una meta-ontología geoespacial a nivel de concretización es establecer la estructura para su especialización a través de ontologías obtenidas de los datos que se encuentran almacenados en una base de datos espaciales (Figura 4). La meta-ontología contiene los conceptos más genéricos, relaciones que caracterizan a la información geoespacial. A partir de ella se definen las ontologías de dominio que derivan de las bases de datos espaciales. En este contexto es necesario definir un proceso de transformación que mapee los elementos de una BDE a los elementos de la meta-ontología. De esta forma, se tendrían ontologías de dominio que conceptualizan la información almacenada en las BDE facilitando la integración semántica de las mismas.

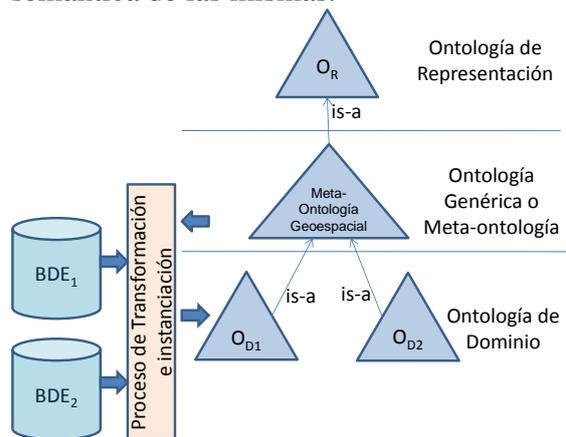


Figura 4. Meta-ontología a Nivel de concretización para la representación de la información geográfica.

Meta-ontología Geoespacial

Para la construcción de la meta-ontología geoespacial se llevaron a cabo las siguientes

tareas: conceptualización y formalización, e implementación.

Conceptualización y Formalización

Para la conceptualización de las particularidades de los objetos de un dominio geográfico, la meta-ontología geoespacial se define como una 4-tupla $O_G = (C_{GD}, R_{GD}, CH, X)$ donde:

- $C_{GD} = \{c_1, c_2, \dots, c_n\}$ es un conjunto de conceptos, donde $c_i = [\eta, p]$, η es una cadena que representa el nombre del concepto, p es un conjunto de propiedades (datatype properties) que caracterizan el concepto p_1, p_2, \dots, p_n .

- $R_{GD} = \{r_1, r_2, \dots, r_n\}$ es un conjunto de relaciones (object properties), en el que $\forall r_i \in (\kappa \cup \beta \cup \rho \cup \tau)$, donde κ es una relación explicativa entre conceptos, β es una relación espacial, ρ es una relación geométrica, y τ es una relación topológica.

- $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ representa axiomas y reglas de dominio. Los axiomas formales son expresiones que son siempre ciertas y se utilizan para especificar restricciones en la ontología. Las reglas de dominios se utilizan para inferir conocimiento en la ontología, tales como los valores de atributo o instancias de relación [21].

Conceptos

En base a las características semánticas de los objetos que se encuentran almacenados en una base de datos espaciales, se identificaron tres tipos de conceptos distintos (disjuntos).

- **Conceptos Espaciales (C_S):** Representan el conjunto de objetos que están asociados con la representación espacial y pueden ser localizados empleando un sistema de coordenadas.

- **Conceptos No Espaciales (C_{NS}):** Representan entidades del mundo real asociadas con un objeto geoespacial o el dominio en el que son empleadas las BDE.

- **Conceptos Geométricos (C_G):** Representan un conjunto de objetos relacionadas a la representación espacial de un objeto geoespacial.

Para la definición de la geometría de los objetos geoespaciales se emplean los

siguientes conceptos que están definidos formalmente utilizando una pseudológica.

- **Point:** representa una única ubicación en el espacio de coordenadas. Un punto puede ser definido por latitud (x) y longitud (y).

$$\exists x, y \quad / \quad x = latitude \quad \wedge \quad y = longitude \rightarrow p(x, y) \in Point$$

- **LineString:** es subclase de Curve es LineString que usa interpolación lineal entre los puntos. Un segmento lineal es un LineString con dos puntos extremos p_i, p_j los que permiten definir la pendiente (slope) de LineString.

$$\exists p_i, p_j \in Point \quad \wedge \quad p_i \neq p_j \rightarrow sl(p_i, p_j) \in LineString \quad \wedge \quad slope(p_i, p_j) = [(y_i - y_j) / (x_i - x_j)]$$

- **Polygon:** es definido por una secuencia de puntos $(p_1, p_2, \dots, p_N), N > 3$, y $p_i \neq p_j$ para $i \neq j$, los cuales definen a su vez una secuencia de linestring $(sl_1, sl_2, \dots, sl_N)$ donde cada $sl_i = (p_i, p_{i+1})$ para $i = 1, 2, \dots, N-1$ y $sl_N = (p_N, p_1)$.

$$\exists p_1, p_2, \dots, p_N \quad / \quad N \geq 3 \quad \wedge \quad p_i \neq p_j \quad \forall i \in \{1, \dots, N\} \quad \wedge \quad \forall j \in \{1, \dots, N\} \quad \wedge \quad \exists sl_i(p_i, p_{i+1}) \quad \forall i \in \{1, \dots, N-1\} \quad \wedge \quad \exists sl_N(p_N, p_1) \rightarrow PY(sl_1, \dots, sl_N) \in Polygon$$

- **Multipoint:** es definido por un conjunto de dos o más puntos. Los puntos no están conectados u ordenados.

- **Multilinestring:** es definido por un conjunto de linestring o líneas conectadas.

- **Multipolygon:** es definido por un conjunto de dos o más polígonos.

Relaciones

Una relación en la meta-ontología geoespacial es una función que permite relacionar los conceptos. Se establecen las siguientes relaciones.

- **Relación explicativa (κ):** es una relación semántica y referencial que existe entre dos conceptos, uno espacial y el otro no espacial. El concepto no espacial explica lo

que se indica con otro concepto que puede ser espacial o no.

- *Relaciones geométricas* (ρ), se establecen entre dos conceptos: uno espacial y otro geométrico debido a que todo concepto espacial tiene asociado una geometría y esa geometría tienen una ubicación en el espacio.

- *Relaciones espaciales* (β), se establecen entre un concepto espacial y un concepto no espacial para representar una localización indirecta de un objeto geoespacial.

- *Relaciones topológicas* (τ): se establecen entre las instancias de los conceptos espaciales. Entre ellas se encuentran las relaciones equal, overlap, cross, meet.

Axiomas

En la meta-ontología geoespacial se establecen también axiomas que permiten restringir la definición de conceptos y sus relaciones de modo que la definición de los términos de dominio sea más precisa.

Entre los axiomas identificados para la meta-ontología se pueden distinguir axiomas de integridad y axiomas de derivación [23].

Los axiomas de integridad tienen como propósito restringir la definición de conceptos y sus relaciones, de manera que las definiciones de los términos de dominio se vuelvan más precisas. Estos axiomas se refieren al rango, existencialidad y relaciones de cardinalidad. Entre los axiomas de integridad se identificaron los siguientes:

- Los conceptos espaciales tienen asociado un concepto geométrico. Un concepto espacial tiene solo una geometría y esa geometría tiene solo un sistema de referencia.

$$\forall c_1 \in C_S, \quad \exists c_2 \in C_G \quad \wedge \\ \exists c_3 \in \text{SpatialReferenceSystem} / \exists ! \\ \text{has_geometry}(c_1, c_2) \in \rho \quad \wedge \\ \exists ! \text{has_georef}(c_1, c_3) \in \rho$$

- Aquellos conceptos que tienen una localización indirecta están relacionados a conceptos espaciales.

$$\exists c_1 \in C_{NS} \wedge \exists \beta_1 \in \beta / \beta_1(c_1, c_2) \rightarrow \\ \exists c_2 \in C_S$$

- Un concepto geométrico del tipo LineString tiene dos puntos extremos (Point).

$$\exists c \in C_G \quad \wedge \quad c = \text{LineString} \quad \rightarrow \\ \exists (p_1 \wedge p_2) \in \text{Point} \quad \wedge \\ \text{has_point}(c, p_1) \quad \wedge \\ \text{has_point}(c, p_2).$$

Los axiomas de derivación, consisten en una o más condiciones y conclusiones. La conclusión es válida si y solo si se cumplen todas las condiciones. Las relaciones topológicas pueden explicitarse a través de los axiomas de derivación. Inicialmente se trabajara sólo con los axiomas correspondientes a las relaciones existentes entre líneas y puntos o entre dos líneas que son las relaciones topológicas frecuentemente utilizadas.

- Equal (point, point): Dos puntos (Point) son iguales si y solo si ellos tienen exactamente la misma longitud y latitud respectivamente.

$$\exists (p_1 \wedge p_2) \in \text{Point} / \text{Equal}(p_1, p_2) \rightarrow \exists \text{has_} \\ \text{s_latitude}(p_1, x_1) \quad \wedge \\ \exists \text{has_latitude}(p_2, x_2) \quad \wedge \\ \exists \text{has_longitude}(p_1, y_1) \quad \wedge \\ \exists \text{has_longitude}(p_2, y_2) \quad \wedge \quad (x_1 = x_2) \\ \wedge \quad (y_1 = y_2)$$

- Equal (SingleLine, SingleLine): Dos SingleLine son iguales si y solo si estas tienen exactamente los mismos puntos (Point).

$$\exists (p_1 \wedge p_2 \wedge p_3 \wedge p_4) \in \text{Point} \quad \wedge \\ \exists (\text{sl}(p_1, p_2) \wedge \text{sl}(p_3, p_4)) \in \\ \text{LineString} / \\ \text{Equal}(\text{sl}(p_1, p_2), \text{sl}(p_3, p_4)) \\ \rightarrow [\text{equal}(p_1, p_3) \wedge \text{equal}(p_2, p_4)] \vee [\text{e} \\ \text{qual}(p_1, p_4) \wedge \text{equal}(p_2, p_3)]$$

- OntheLine (SingleLine, Point): Es una relación entre un punto y una SingleLine. Si un punto está sobre la SingleLine entonces la pendiente (slope) del punto p a uno de los puntos de SingleLine debe ser igual a la pendiente de SingleLine. Entonces el punto p cae sobre la SingleLine.

$$\exists(p_1 \wedge p_2) \in \text{Point} \wedge \exists sl(p_1, p_2) \in \text{LineString} / \text{OntheLine}(sl(p_1, p_2), p) \rightarrow \text{slope}(p_1, p_2) = \text{slope}(p_1, p) = \text{slope}(p, p_2)$$

• Meet (SingleLine, SingleLine): Dos SingleLine se encuentran cuando estas comparten un punto extreme. Este punto puede continuar con la misma pendiente o diferente

$$\exists(sl(p_1, p_2) \wedge sl(p_3, p_4)) \in \text{LineString} \wedge \neg \text{equal}(sl(p_1, p_2), sl(p_3, p_4)) / \text{meet}(sl(p_1, p_2), sl(p_3, p_4)) \rightarrow \text{equal}(p_2, p_3)$$

• Cross (SingleLine, SingleLine): Dos SingleLine se Cruzan cuando sus pendientes son diferentes y se intersectan en un punto que cae sobre ambas líneas

$$\exists(sl(p_1, p_2) \wedge sl(p_3, p_4)) \in \text{LineString} \wedge [\text{slope}(p_1, p_2) \neq \text{slope}(p_3, p_4)] \wedge \text{cross}(sl(p_1, p_2), sl(p_3, p_4)) \rightarrow \text{ontheLine}(sl(p_1, p_2), p) \wedge \text{ontheLine}(sl(p_3, p_4), p)$$

• Overlap (SingleLine, SingleLine): Dos SingleLine se superponen si y solo si sus pendientes son iguales y un punto de la línea cae sobre la otra.

$$\exists(sl(p_1, p_2) \wedge sl(p_3, p_4)) \in \text{LineString} / \text{overlap}(sl(p_1, p_2), sl(p_3, p_4)) \rightarrow \text{slope}(p_1, p_2) = \text{slope}(p_3, p_4) \wedge \text{ontheLine}(sl(p_1, p_2), p_3) \wedge \text{ontheLine}(sl(p_3, p_4), p_2)$$

Implementación de la Meta-ontología Geospacial

La meta-ontología se implementó en idioma inglés en el lenguaje OWL 2.0 utilizando el editor de ontologías Protégé⁵. Mediante esta herramienta se definieron las clases y su taxonomía, relaciones y atributos de la meta-ontología geospacial. En la Figura 5 se muestran las clases y su definición.

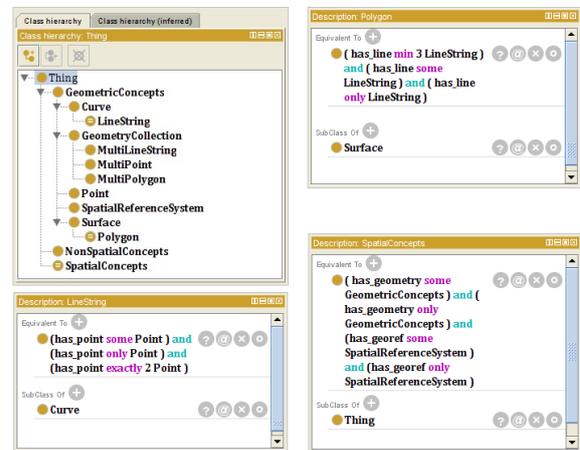


Figura 5. Clases de la Meta-Ontología.

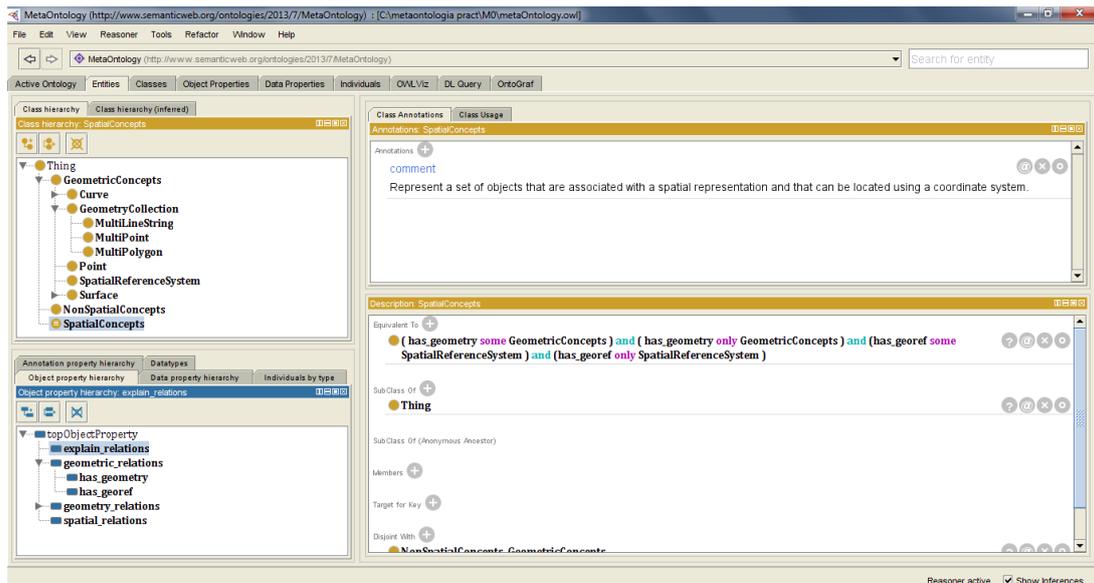


Figura 6. Descripción elementos de la Meta-ontología geospacial validados

⁵ Editor de ontologías - <http://protege.stanford.edu/>

Con el objetivo de validar la consistencia de la meta-ontología geoespacial se usó el razonador Pellet⁶. El empleo del razonador permite validar la definición de los conceptos y la jerarquía e identificar posibles errores de integridad. La Figura 6 muestra dicha validación.

OWL permite construir jerarquías de conceptos y definir axiomas para realizar el razonamiento. El lenguaje de reglas SWRL (Semantic Web Rule Language) [24], es un formalismo presentado para la integración de reglas con ontologías dentro de la Web Semántica; se basa en la combinación de OWL y RuleML. La idea base de SWRL es extender los axiomas de OWL para incluir reglas de Horn, mientras se mantiene un máximo de compatibilidad retroactiva con la sintaxis y semántica de OWL. Las relaciones topológicas se implementaron utilizando el lenguaje SWRL (Figura 7).

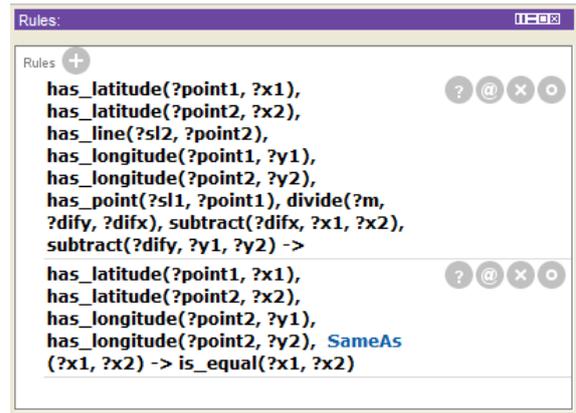


Figura 7. Relaciones topológicas implementadas en SWRL.

Caso de Estudio

A continuación se describe el empleo de la meta-ontología geoespacial a nivel de concretización. Para la obtención de los distintos elementos de la meta-ontología geoespacial se empleó una base de datos espacial utilizada en una aplicación GIS orientada al turismo en la ciudad de San Salvador de Jujuy, algunos de ellos se muestran en la Tabla 1.

Elementos Base de Datos Espacial	Elementos de la Meta-ontología Geoespacial
Tabla(Manzanas)	Conceptos Espaciales: <i>Manzanas</i> Relaciones Geométricas: <i>has_geometry(Manzanas, Multipolygon)</i> <i>has_georef(Manzanas, SpatialReferenceSystem)</i>
Tabla(Parcelas)	Conceptos Espaciales: <i>Parcelas</i> Relaciones Geométricas: <i>has_geometry(Parcelas, MultiPolygon)</i> <i>has_georef(Parcelas, SpatialReferenceSystem)</i>
Tabla(Calles)	Conceptos Espaciales: <i>Calles</i> Relaciones Geométricas: <i>has_geometry(Calles, MultiLineString)</i> <i>has_georef(Calles, SpatialReferenceSystems)</i>
Tabla(Characterísticas)	NonSpatial Concepts: <i>Characterísticas</i> Relación Explicativa: <i>describe_a(Characterísticas, Parcelas)</i>
Tabla(Rubros)	NonSpatial Concepts: <i>Rubros</i> Relación Explicativa: <i>rubro_realizado_en(Rubros, Parcelas)</i>
Columna(Parcela.Padron)	Datatype Properties(<i>padron</i>)
Columna (Parcela.geometry)	Conceptos Geométricos: <i>MultiPolygon</i>

Tabla 1 Elementos de la Meta-Ontología obtenidos a partir de una Base de Datos Espacial.

⁶ <http://clarkparsia.com/pellet/protege/>

Conclusión

En este trabajo se presentó una meta-ontología geoespacial que puede ser usada para dar semántica a los objetos geoespaciales considerando las características particulares de estos objetos de modo de hacerlas explícitas (Figura 8). Se identificaron los roles que puede cumplir la meta-ontología geoespacial en el modelado de datos geográficos, a nivel de conceptualización y de concretización. A nivel de conceptualización proporciona al usuario un conjunto de características para representar los conceptos relacionados al dominio geoespacial. A nivel de concretización proporciona la estructura para su especialización a través de

ontologías de dominio obtenidas desde datos que se encuentran almacenados en bases de datos espaciales.

En el desarrollo de la meta-ontología se detectó la necesidad de un proceso para la instanciación debido a que las relaciones topológicas se establecen entre instancias de los conceptos identificados. También se detectó la limitación de no poder modelar la temporalidad que los objetos espaciales pueden tener.

Como trabajo futuro, se plantea la construcción de reglas para el proceso de transformación que permita mapear los elementos de una BDE con los elementos de la meta-ontología geoespacial.

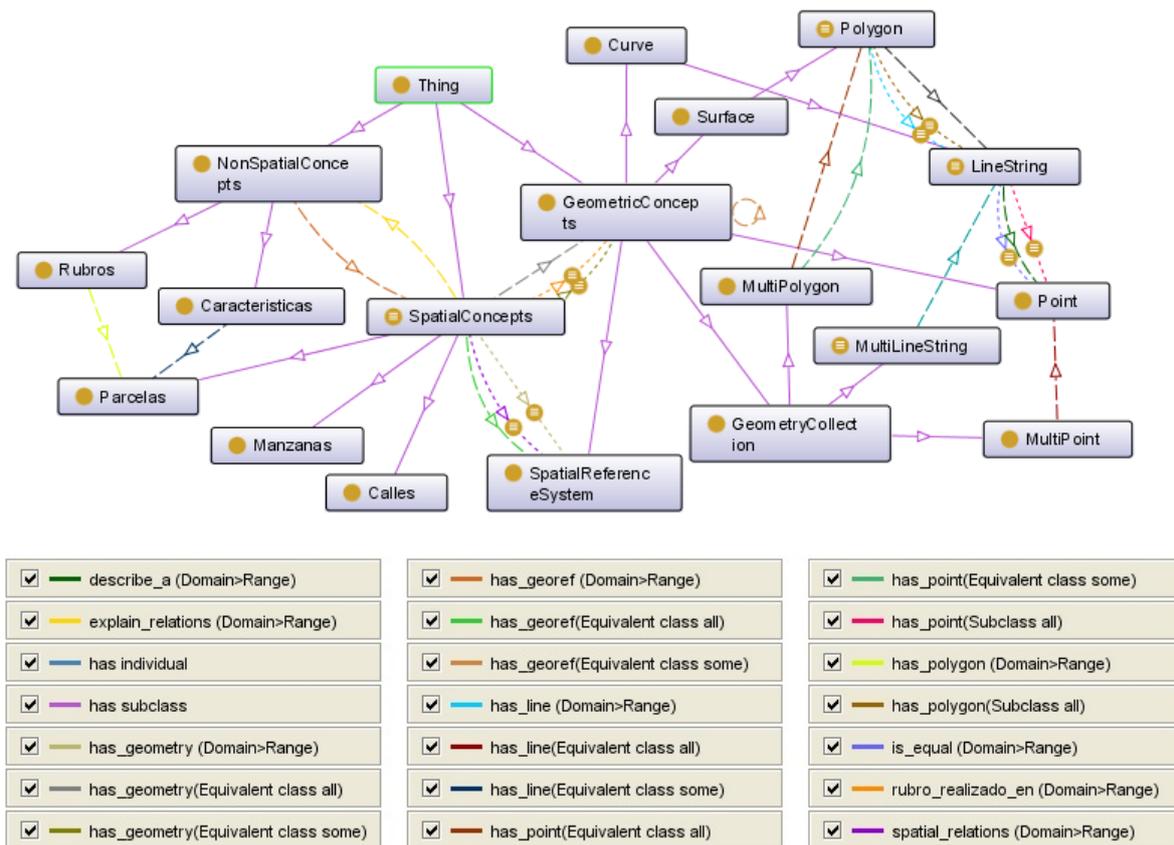


Figura 8. Meta- ontología Geoespacial

Referencias.

- [1] L. M. Vilches Blázquez, A. F. Rodríguez Pacual, and M. A. Bernabé Poveda,

“Ingeniería ontológica: El camino hacia la mejora del acceso a la información geográfica en el entorno web,” in *Jornadas Técnicas de la IDE de España*, 2006.

- [2] L. Bernard, U. Einspanier, S. Haubrock, S. Hübner, W. Kuhn, R. Lessing, M. Lutz, and U. Visser, "Ontologies for Intelligent Search and Semantic Translation in Spatial Data Infrastructures," *Photogrammetrie - Fernerkundung - Geoinformation*, vol. 2003, no. 6, pp. 451–462, 2003.
- [3] J. Bulens, H. de Groot, A. Krause, and B. Vanmeulebrouk, "OGC standards in daily practice: gaps and difficulties found in their use," in *GSDI 11 World Conference Spatial Data Infrastructure Convergence: Building SDI Bridges to address Global Challenges*, 2009.
- [4] B. Henderson-Sellers, "Bridging metamodels and ontologies in software engineering," *J. Syst. Softw.*, vol. 84, no. 2, pp. 301–313, 2011.
- [5] W. Kuhn, "Geospatial Semantics: Why, of What, and How?," in *Journal on Data Semantics III*, vol. 3534, S. Spaccapietra and E. Zimányi, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 1–24.
- [6] A. Buccella and A. Cechich, "Towards Integration of Geographic Information Systems," *Electronic Notes in Theoretical Computer Science (ENTCS)*, vol. 168, pp. 45–49, 2007.
- [7] R. Oliva Santos, F. Maciá Pérez, and E. Garea Llano, "Esquema de un Modelo de Integración de Datos, Metadatos y Conocimiento Geográfico," in *VII Jornadas para el Desarrollo de Grandes Aplicaciones de Red JDARE*, 2010.
- [8] L. M. Vilches Blázquez, "Metodología para la integración basada en ontologías de información de bases de datos heterogéneas en el dominio hidrográfico," Universidad Politécnica de Madrid, 2011.
- [9] F. Fonseca, M. Egenhofer, P. Agouris, and G. Câmara, "Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems," *Transaction in GIS*, vol. 6, no. 3, pp. 231–257, 2002.
- [10] B. Smith, W. Kusnierczyk, D. Schober, and W. Ceusters, "Towards a Reference Terminology for Ontology Research and Development in the Biomedical Domain," in *2nd Int. Workshop on Formal Biomedical Knowledge Representation: Biomedical Ontology in Action*, 2006, pp. 57–66.
- [11] N. Guarino, D. Oberle, and S. Staab, "What Is an Ontology?," in *Handbook on Ontologies*, S. Staab and R. Studer, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2009, pp. 1–17.
- [12] M. J. Egenhofer, "A Reference System for Topological Relations between Compound Spatial Objects," in *Advances in Conceptual Modeling - Challenging Perspectives*, 2009, pp. 307–316.
- [13] L. A. Garcia Ruiz and D. M. Otalvaro Arango, "Diseño de un modelo de datos geográfico que soporte la gestión en organizaciones ambientales," Universidad de Antioquia, 2003.
- [14] K. Wu, X. Xu, X. Wang, and Y. Xu, "A Method for Modeling Power Spatial Data Based on Object-Relational Model," in *International Conference on Computer Science and Information Technology ICCSIT*, 2011.
- [15] P. P.-S. Chen, "The entity-relationship model---toward a unified view of data," *ACM Transactions on Database Systems*, vol. 1, no. 1, pp. 9–36, Mar. 1976.
- [16] M. Blaha and J. Rumbaugh, *Object-oriented modeling and design with UML*. Pearson Education Upper Saddle River, 2005.
- [17] F. Fonseca, C. A. Davis, and G. Camara, "Bridging Ontologies and Conceptual Schemas in Geographic Information Integration," *Journal Geoinformatica*, vol. 7, no. 4, pp. 355–378, 2003.
- [18] OGC, "OpenGIS Consortium Standards," 2006. [Online]. Available: <http://www.opengis.org>.
- [19] I. S. O. ISO, "ISO/TC 211 19125-2. Simple Feature Access - Part 2:SQL Option." 2001.
- [20] T. R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications," *Knowledge Acquisition - Special issue: Current issues in knowledge modeling*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, 1993.
- [21] A. Gómez-Pérez, M. Fernández-López, and Ó. Corcho, *Ontological engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. 2004, p. 420.

- [22] G. Guizzardi, “On Ontology, Ontologies, Conceptualizations, Modeling Languages, and (Meta) Models,” in *Proceedings of the 2007 conference on Databases and Information Systems IV: Selected Papers from the Seventh International Baltic Conference DB&IS'2006*, 2007, pp. 18–39.
- [23] G. Wagner, “Rule Modeling and Markup,” in *Reasoning Web*, N. Eisinger and J. Małuszyński, Eds. Springer Berlin Heidelberg, 2005, pp. 251–274.

- [24] I. Horrocks, P. F. Patel-Schneider, H. Boley, S. Tabet, B. Grosz, and M. Dean, “SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML,” 2004.

Datos de Contacto: Ana Carolina Tolaba.
CONICET - CIDISI UTN Facultad Regional Santa Fe. Lavaise 610, Santa Fe. E-mail. atolaba@frsf.utn.edu.ar