Ciencias de la Tierra y el Espacio, enero-junio, 2013, Vol.14, No.1, pp.60- 69, ISSN 1729-3790

Método de Enriquecido Semántico para la Integración de Objetos Geoespaciales

Rainer Larin-Fonseca* [(1)] y Eduardo Garea-Llano [(1)]

[(1)] *Departamento de reconocimiento de patrones del Centro de Aplicaciones de Tecnologías de Avanzada.Reparto Siboney, Playa, La Habana, Cuba. E-mail: rlarin@cenatav.co.cu*

Recibido: julio 7, 2012	Aceptado: diciembre 30, 2012

Resumen

Los objetos geoespaciales se almacenan en heterogéneas fuentes. Resultando que el acceso se encuentre limitado por problemas de compatibilidad. El acceso uniforme a fuentes heterogéneas se conoce como integración y es considerado un elemento clave para lograr no solo una verdadera interoperabilidad sino también para la mejora de análisis y toma de decisiones. Existen diferentes variantes para este tipo de integración, sin embargo, no se logran obtener todos los resultados esperados. Incluir la semántica subyacente en los datos geoespaciales en el proceso de integración contribuye a mejorar los resultados obtenidos con las técnicas convencionales. En este trabajo se propone un nuevo método de enriquecido semántico para mejorar el proceso de integración de objetos geoespaciales a través del uso de un nuevo tipo de ontología. Lo resultados obtenidos resultan prometedores para la integración de fuentes heterogéneas de objetos geoespaciales y la realización de análisis sobre estos al nivel semántico.

Palabras clave: Objetos Geoespaciales, Ontologías, Semántica

Semantic Enrichment Method for Geospatial Object Integration

Abstract

Geospatial objects are generally stored in heterogeneous data sources. This fact leads a limited access by common users due to compatibility problems. The uniform access to these heterogeneous data sources is known as integration. The integration of geospatial data is considerate by many specialists as a key element to achieve both interoperability and the improvement of analysis and decision-making task in conventional geospatial systems. Different integration approaches have been proposed but expected results have not been obtained. This is mainly due to the fact the semantics embedded in the data is not taken into account in the integration process. In this paper an extension of the main ontology-based approaches is presented to improve the integration process of geospatial objects thorough a new type of ontology that semantically enriches this process. The experimental results are promising for the integration of both heterogeneous data sources and analysis from semantic point of view.

Key words: Geospatial Data, Ontologies, Semantics

1. Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías ha facilitado el surgimiento de diferentes productores de datos geográficos. Esta es una de las principales razones por las que estos datos son capturados y almacenados en una gran variedad de formatos y estándares, lo que implica la existencia de una marcada heterogeneidad en ellos. La naturaleza heterogénea de estos datos dificulta el procesamiento y uso de este tipo de información de forma homogénea. Por esta razón, se hace necesario buscar mecanismos más eficientes que mejoren las formas de manipular e integrar estos datos. La integración semántica facilita que los sistemas realicen un procesamiento y análisis de los datos de manera más eficiente y evita los problemas de compatibilidad entre los estándares y formatos existentes, los cuales, la integración sintáctico-estructural no resuelve del todo.

Con respecto a la integración de fuentes datos heterogéneas desde el punto de vista semántico, son muchos los autores que consideran el uso de ontologías como el mecanismo más adecuado para realizar esta tarea. Esto se debe principalmente al poder de expresividad que estas poseen al estar basadas en los paradigmas Orientado a Objeto (OO) y de Entidad-Relación (ER) que son claves para la modelación de las características y relaciones de los fenómenos en general y en el ámbito geográfico en particular.

El trabajo continua con la sección 1 que aborda los principales enfoques en la integración de datos geoespaciales. La sección 2 trata brevemente de las ontologías propuestas en la literatura. La sección 3 trata de los enfoques de integración semántica de datos geoespaciales y la propuesta de extensión. Finalmente se exponen los resultados experimentales y las principales conclusiones en las secciones 4 y 5 respectivamente.

1.1. Integración de Datos Geo-Espaciales

Los datos geoespaciales son descripciones realizadas por diferentes productores de datos sobre los objetos geoespaciales existentes en el mundo real. Cada uno de estos productores de datos tiene su propio formato de almacenamiento, por lo que, si se accede uniformemente a estos datos independientemente de sus heterogeneidades puede aprovecharse la información sobre los objetos geoespaciales que fueron descritos en ellos. Sin embargo hoy en día son muchos los usuarios que afrontan dificultades para encontrar, acceder y manipular estos datos (Goizueta 2000). No obstante, en el caso de contar con la información a la mano surgen los problemas de compatibilidad entre los diferentes formatos. Pasos que resultan viables en la resolución de estos problemas se encuentran en la utilización de estándares. El empleo de estos contribuye a mejorar la utilización de estos datos por parte de los diferentes usuarios y sistemas (Levinsohn 2001).

En este sentido, una importante iniciativa lo constituyen organizaciones como la ISO (Internet 2010a) y consorcios como el OpenGIS (Internet 2010c) y el W3C(Internet 2010d), que son asociaciones que buscan definir un conjunto de especificaciones técnicas, requisitos y normas para la estandarización de los datos incluyendo además, el ámbito geoespacial. En el caso de la ISO, la norma ISO TC-211(Internet 2010b) tiene como meta el desarrollo de una familia de normativas, entre otras, con el objetivo de brindar apoyo para comprensión y uso compartido de la información geográfica y el establecimiento de infraestructuras de datos espaciales a nivel local, regional y global, aumentar la disponibilidad, accesibilidad e integración de la información geográfica que posibilite la interoperabilidad entre sistemas información geográfica (SIG) heterogéneos y contribuir de modo eficaz y eficiente al desarrollo sostenible.

Por otro lado el Consorcio OpenGIS (OGC) se dedica fundamentalmente a la creación de especificaciones para la interoperabilidad entre sistemas y usuarios que tributen a un intercambio uniforme y ordenado de la información geográfica. El Consorcio World Wide Web (W3C) es una comunidad internacional que trabaja arduamente para desarrollar estándares Web y es liderado por el inventor de la Web Tim Berners-Lee (Berners-Lee 2010). La misión del W3C es guiar la Web hacia su máximo potencial con protocolos comunes que promuevan y aseguren su evolución e interoperabilidad. Varios de los estándares más utilizados en el ámbito geoespacial se presentan en la Tabla I:

Tabla I. Principales estándares en los principales formatos de los Datos Geoespaciales

Modelo Ráster	Modelo Vectorial	Modelo de Bases de Datos Espaciales
Web Map Service (*WMS*)	The Earth Science Markup Language (*ESML*)	Oracle Spatial (*ISO/TC 211 19107 2001*)
GeoTIFF	Geography Markup Language (*GML*)	PostGIS (*ISO/TC 211 19125-2 2001*)
Míster SID (*MrSID*)	Keyhole Markup Language (*KML*)	
Web Coverage Service (WCF)	ESRI Shapefile (*SHP*)	
	Web Feature Service (WFS)	

Sin embargo, la normalización de los datos geográficos no significa la resolución de todos los problemas de interoperabilidad, ya que estos estándares también presentan diferencias entre ellos (Anaya et al. 2002). Para llegar a

un consenso entre estas diferencias en 1999 la ISO y el OGC firman un acuerdo de cooperación técnica que implica revisiones mutuas en sus respectivos desarrollos. El problema de acceder uniformemente a datos geográficos heterogéneos es conocido como *Integración*, la cual constituye un aspecto importante para lograr la interoperabilidad entre los diferentes SIG (Wache et al. 2001). La integración de los geodatos permite a los usuarios acceder a fuentes de datos heterogéneas presentando una vista unificada de esos datos de forma que no se llegue a percibir tal heterogeneidad (Batini and Scannapieco 2006). En (Stuckenschmidt et al. 2007) se presenta una vista de los principales esquemas de integración existentes en la literatura, véase Fig. 1.

En la Fig. 1-A se presenta una panorámica de integración en la que se traducen las fuentes de información (FI) de un formato hacia el otro. Este tipo de integración tiene como deficiencias que no se asegura que la traducción sea posible para todas las entidades contenidas en las FI y que estas no siempre son biyectivas. El esquema de la Fig. 1-B representa la integración de las diferentes FI a través de la traducción de estas hacia un formato común a ambas fuentes, la cual también puede contener las deficiencias anteriormente mencionadas. Por último, en la Fig. 1-C se presenta un esquema basado en la integración a través del cotejo de conceptos abstractos generados a partir de las FI.

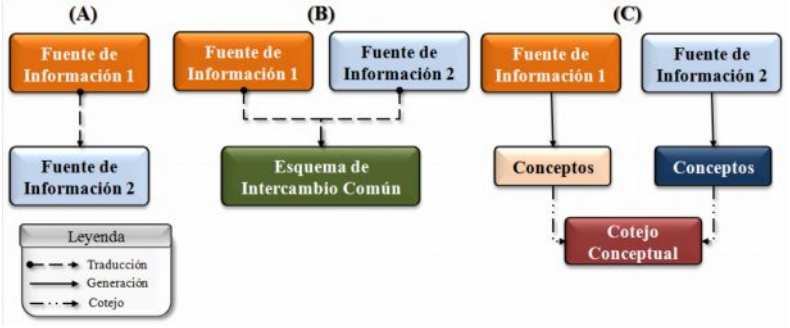


Fig. 1. Representación Gráfica de los principales esquemas de integración existentes en la literatura. (Stuckenschmidt et al. 2007)

La integración de los geo-datos puede tratarse a varios niveles (Lemmens 2006; Power 2006), desde la integración física que aborda la Integración Sintáctico-Estructural, hasta llegar a la denominada Integración Semántica. Los esfuerzos realizados en este sentido van enfocados principalmente a estos dos tipos de integración:

a) *Integración Sintáctico-Estructural:* Plantea la existencia de una conexión técnica entre datos que pueden estar en diferentes sistemas de referencia o que se encuentren en diferentes formatos.
b) *Integración Semántica:* Plantea la integración de la información proveniente de formatos heterogéneos basados en su semántica.

Estos tipos de integración han sido ampliamente abordados en la literatura (Hess and Iochpe 2004; Hakimpour 2003; Fonseca and Egenhofer 1999; Kavouras et al. 2003; Visser 2004; Stuckenschmidt et al. 2007). La gran mayoría de las investigaciones en este sentido, en los últimos años, han sido sobre la base de la integración Semántica. Esto se debe principalmente por tratar los datos sobre la base de su conceptualización disminuyendo así la brecha semántica existente en el entendimiento hombre-máquina. Es así como surge la necesidad de integrar "conocimiento" con los objetos geoespaciales y la premisa de gestionar este conocimiento de forma eficiente principalmente haciendo uso de ontologías como mecanismo de representación de conocimiento.

1.2 Ontologías

Las ontologías han sido abordadas inicialmente desde el punto de vista de la filosofía (Honderich and Trevijano 2001; Peñalvo 2005; Leibniz 1903; Kant 2001) y en este ámbito tratan la naturaleza de la existencia y los tipos de las cosas que existen. Aunque toma su nombre de la Filosofía por analogía, el significado filosófico de esta palabra es similar a su significado dentro del campo de la Inteligencia Artificial (IA) en el sentido de la interpretación del filósofo Quine (Quine 2006), el cual plantea que todo lo que puede ser cuantificado existe.

Ya dentro del ámbito de la IA, en 1993 Gruber plantea una definición de ontología que se convertiría en una de las más conocidas y citadas en la literatura (Gruber 1993): *"Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización (...)"*

Para comprender claramente esta definición es necesario entender qué se quiere decir con conceptualización. Breis y demás autores (Breis 2003) plantean que es una interpretación estructurada de una parte del mundo que usan los Seres Humanos para pensar y comunicar sobre ella. En este trabajo se entiende conceptualización como una forma de entendimiento consensuado sobre determinado objeto o dominio que puede ser representado y/o especificado; y por explícita entendemos que esta especificación y/o representación sea expresada de forma entendible y precisa.

Esta definición de ontología propuesta por Gruber más tarde en 1997 fue extendida por Borst incluyendo además que esta conceptualización debe ser consensuada:*"Una ontología es una especificación formal de una conceptualización compartida"(Borst 1997)*

En la literatura existen varios niveles de generalidad que dan lugar a distintos tipos de ontologías(Guarino 1998; Larin-Fonseca and Garea-Llano 2011b), véase además la Fig. 2:

a) *Ontologías de Alto Nivel*: Proporcionan términos genéricos reutilizables en diferentes dominios.
b) *Ontologías de dominio o Tarea*: Expresan conceptos que *son* específicos de un dominio o tarea.
c) *Ontologías de Aplicación*: Contienen todas las *definiciones* que son necesarias para modelar los conocimientos requeridos por una aplicación particular.
d) *Ontología de Representación de Datos*: Contienen las definiciones necesarias para la representación semántica de objetos geoespaciales y las relaciones existentes entre ellos.

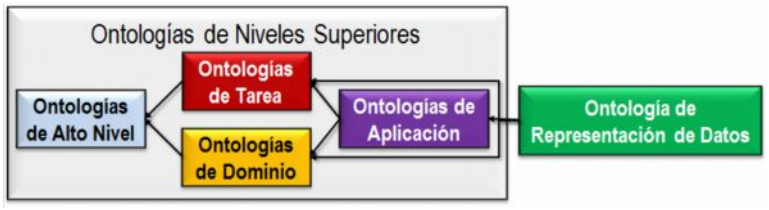


Fig. 2. Representación Gráfica de los diferentes tipos de ontologías.

Estas van desde los niveles de abstracción más generales (*Ontologías de Alto Nivel*) hasta aquellos más específicos (*Ontologías de Representación de Datos*).

En los últimos años existe un gran auge en el uso de ontologías como mecanismo de representación de conocimiento principalmente a que ellas combinan los paradigmas Orientado a Objeto (Graham 1996) y de Entidad-Relación (Barker 1990), los cuales resultan claves para la modelación de los diferentes fenómenos en el ámbito geográfico. La inclusión de las ontologías como una herramienta más en el procesamiento de los datos ha evolucionado los Sistemas de Información (SI), denominándose actualmente como Sistemas de Información Basados en Ontologías (SIBO) (Barchini et al. 2006). En el ámbito geográfico estos nuevos sistemas han sido denominados como Sistemas de Información Geográfica Gobernados por Ontologías (SIGGO) (Fonseca and Egenhofer 1999).

2. Materiales y métodos

2.1. Enfoques de Integración Semántica y método Enriquecido Semántico para la Integración de Objetos Geo espaciales

En la literatura podemos encontrar varios enfoques propuestos para la integración semántica, los principales enfoques son (Wache et al. 2001): *Enfoque de Ontología Única, Enfoque de Múltiples Ontologías y Enfoque Híbrido de Ontologías*, véase Fig. 3.

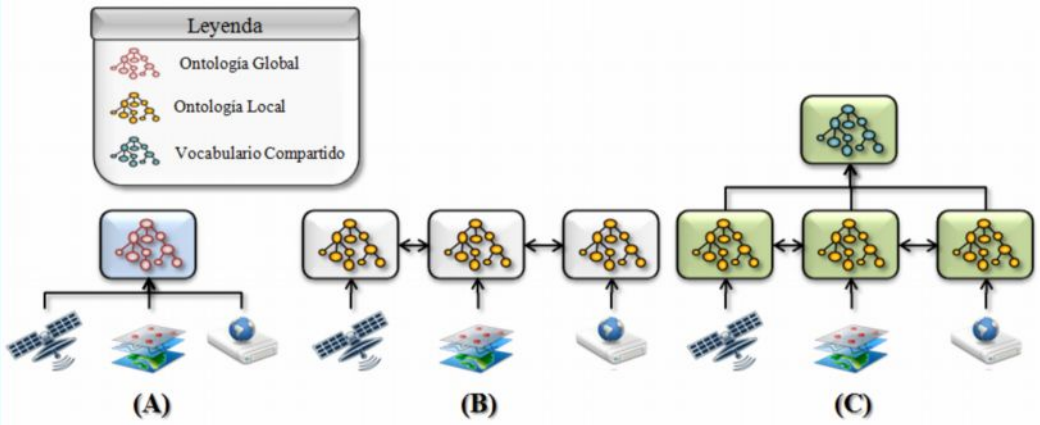


Fig. 3. Representación Gráfica de los diferentes enfoques de integración de fuentes de datos heterogéneas a través de Ontologías. Enfoque de Ontología Única (A), Enfoque de Múltiples Ontologías (B) y Enfoque Híbrido de Ontologías (C). (Wache et al. 2001)

En el enfoque de *Ontología Única*,(véase Fig. 3-A), se hace uso de una ontología global para integrar las fuentes de información, o sea, estas son interrelacionadas por medio de una única ontología que debe contener todos los términos y demás componentes que le permitan un acceso uniforme a los datos. En el caso del enfoque de *Múltiples Ontologías*, (véase Fig. 3-B), las fuentes heterogéneas de datos son interrelacionadas por medio de ontologías locales que han de contener todos los términos y demás componentes concernientes a cada una de ellas por separado. Estas ontologías locales han de contener además, términos comunes que le permitan interrelacionarse entre ellas de forma transparente. Finalmente el enfoque *Híbrido de Ontologías* mostrado en la Fig. 3-C, constituye en esencia una unión de los enfoques anteriores (*A y B*), en este enfoque (*C*) las fuentes heterogéneas de información son relacionadas por medio de ontologías locales que las representan independientemente, y a su vez, estas ontologías locales son relacionadas por medio de un vocabulario común en el que se comparten términos existentes en las ontologías locales, el cual podría ser manifestado por una ontología global o de domino. Independientemente, cada uno de estos enfoques tiene el objetivo de integrar las diversas fuentes de información desde un punto de vista semántico permitiendo un acceso uniforme y transparente al usuario.

En estos enfoques además, se asume que la semántica subyacente en los datos es conocida y ya se encuentra vinculada con las ontologías que lo definen, por tanto estos enfoques se basan en la integración de los datos a través de la integración de las diferentes ontologías en cada caso. Estos no tienen en cuenta la semántica de bajo nivel subyacente en los datos geográficos que integran. Esto se debe a que esta integración solamente ocurre en un alto nivel de abstracción viendo separadamente las ontologías de los datos en el proceso de integración, por lo que gran cantidad de información que subyace en estos no es tomada en cuenta.

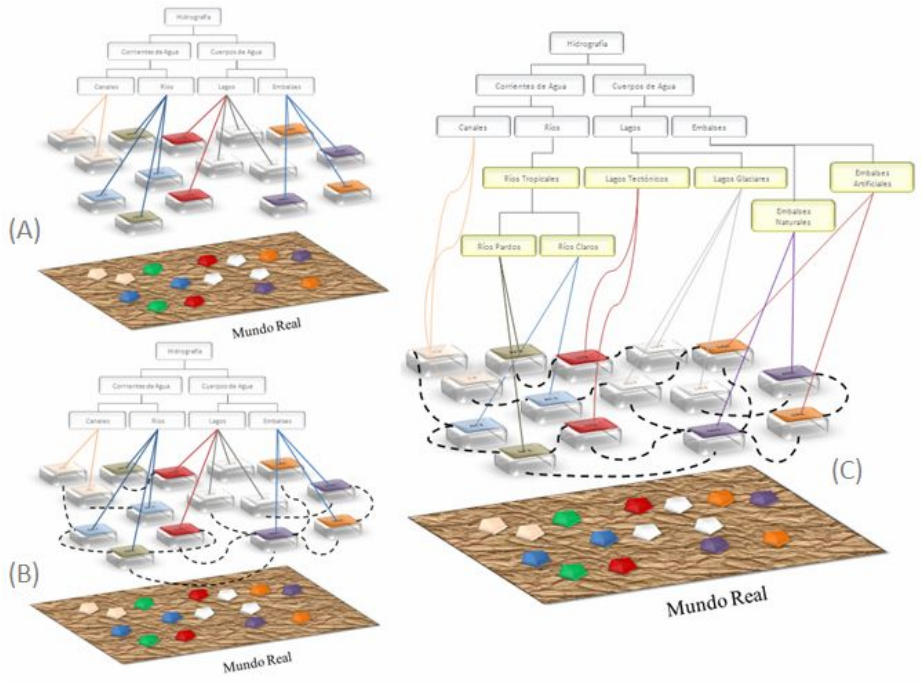


Fig. 4. Representación Gráfica de las carencias existentes en las Ontologías propuestas por Guarino con respecto a los datos integrados al SIG, (A) representación de la relación de la Ontología con los objetos integrados al SIG, (B) representación de las relaciones que se generan entre estos objetos y (C) representación de las nuevas clases que pudieran descubrirse a partir de agrupamiento de objetos.

Esto se debe fundamentalmente al tipo de ontologías que utilizan. Las ontologías utilizadas en estos enfoques tienen desventajas que les impide incluir la semántica de los datos en el proceso de integración, algunas de estas son:

1. No tienen una relación directa con respecto a los datos geoespaciales que están siendo modelados en el sistema, véase Fig. 4-A.

   Esto se debe a que estas ontologías solo pueden modelar las diferentes clases contenidas en el dominio pero no les es posible tener información acerca de los objetos que estas clases modelan.
2. No es posible modelar las características propias de los objetos geoespaciales descritas en los datos geoespaciales manejados en el sistema así como las relaciones que se generan entre ellos, véase Fig. 4-B.

Esto es debido a que estas ontologías solo pueden modelar las diferentes relaciones entre los conceptos que de manera general son conocidas en el dominio, pero no pueden representar las nuevas relaciones que se generan a partir de la combinación de datos en el SIG como por ejemplo:
Una relación topológica, como las que ha definido Egenhofer (Egenhofer 1993), del tipo adyacencia entre una instancia de la clase *Lago* (*Lago_A*) y una instancia de la clase *Centro_Turístico* (*Cent_Tur_C*), no es posible que pueda ser representada en estas ontologías ya que relaciones como estas no siempre ocurren, estas dependen de los datos que se hayan cargado al SIG.

3. No son capaces de asimilar dinámicamente nuevos niveles de abstracción que pudieran estar subyacentes en los datos geoespaciales integrados al SIG, véase Fig. 4-C.
Esto es debido a que es imposible representar nuevos niveles de abstracción semántica que pudieran estar subyacentes en los datos a partir de agrupaciones realizadas. El descubrimiento de estos nuevos niveles aportaría mayor granularidad y por lo tanto una mayor precisión en los resultados de tareas como la recuperación de información y/o el análisis para la toma de decisiones.

En este sentido la *Ontología de Representación de Datos* (ORD) propuesta por Larin-Fonseca y Garea Llano (Larin-Fonseca and Garea-Llano 2011b, a) puede jugar un papel fundamental en la integración de estos datos desde el punto de vista semántico en conjunto con estos enfoques de integración semántica de alto nivel. Este tipo de ontología provee un mayor enriquecimiento semántico en el proceso de integración ya que permite representar explícitamente la semántica subyacente en los geo-datos así como también las relaciones existentes entre ellos.

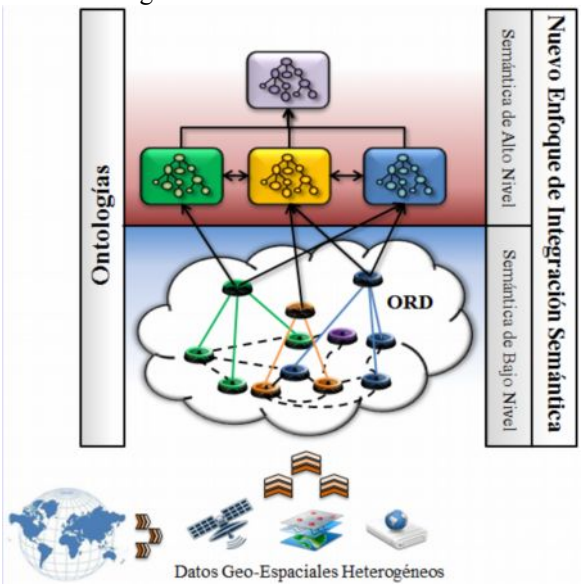


Fig. 5. Nuevo enfoque de integración semántica de datos geo-espaciales

La estructura flexible y dinámica de la ORD permite capturar las características de los objetos geoespaciales descritas en los datos y las relaciones que se generan entre ellos. Esta propuesta es realizada sobre la premisa de que la integración de los datos geo-espaciales ha de realizarse tomando en cuenta la naturaleza semántica que subyace en este tipo de datos en combinación con las Ontologías de Niveles Superiores (ONS), véase Fig. 2.

Para lograr este objetivo se propone el uso de la ORD para la representación explícita de la naturaleza semántica de los geo-datos y las relaciones entre ellos y posteriormente su vinculación con las diferentes ONS en dependencia del enfoque de integración semántica a alto nivel utilizado, véase Fig. 5.

Entre las principales ventajas del uso de esta nueva extensión podemos mencionar que:

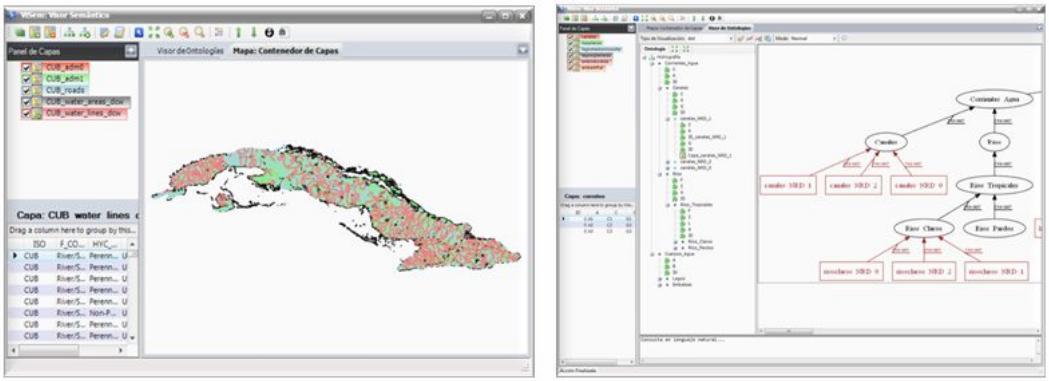
a) Se habilita la integración tomando en cuenta la semántica de bajo nivel.
b) La incorporación del conocimiento subyacente en los geo-datos y las relaciones entre ellos en el proceso de integración.
c) Permite el uso de diferentes enfoques de integración semántica a alto nivel incluso simultáneamente.
d) Habilita la integración basada en representaciones semánticas multidimensionales de los objetos.
e) Habilita el trabajo con fuentes de datos dinámicas y heterogéneas.
f) Habilita la posible generación de nuevos niveles de abstracción.

3. Resultados y discusión

Con el objetivo de comprobar la validez de la propuesta para mejorar las formas de integración de los objetos geográficos y por ende el mejoramiento de las tareas existentes en los SIG (p.e: La recuperación y/o el análisis para la toma de decisiones) se desarrolló un experimento a través de un caso de uso donde el manejo de la información geoespacial es el elemento fundamental para llegar a una posible solución o variantes de solución. El caso de uso es sobre la zonificación de suelos para la aplicación de fertilizantes naturales.

Se desarrolló una plataforma de experimentación a la que se nombró ViSem Fig. 6, cuyo objetivo fundamental es la implementación y prueba de la propuesta desarrollada. Esta plataforma presenta las funcionalidades básicas existentes en los SIG convencionales. La plataforma además comprende las siguientes funcionalidades:

g) Conceptualización de datos heterogéneos (Generación automática de la ORD a partir de datos geográficos provenientes de fuentes heterogéneas), véase Fig. 6 – A.
h) Vinculación de forma automática de la ORD generada con la(s) ontología(s) existente(s) en el módulo de ontologías), véase Fig. 6 – B.
i) Persistencia de los objetos procesados y las ontologías generadas. Esta funcionalidad tiene como objetivo hacer persistente en fichero los objetos procesados. Esta persistencia en fichero se realiza en formato OWL (*.owl), por lo que es posible que sea utilizada por otros sistemas.
j) Consulta y visualización de los objetos según el nivel de abstracción semántica especificado. Lo importante de las consultas basadas en la abstracción semántica de los datos es que habilita el uso de términos no existentes en las fuentes de datos y brinda una mayor flexibilidad en las consultas realizadas.



(A) (B)

Fig. 6. Representación gráfica de la plataforma de experimentación. (A) Visor de Mapas. (B) Visor de ontologías.

El caso de estudio que se presenta se basa en la obtención del mapa de zonificación agroecológica de la región montañosa *Nipe-Sagua-Baracoa* ubicada en la región más oriental de Cuba (Garea et al. 2008). Este proceso de zonificación se basa en la combinación de diferentes métodos de análisis, como son, la superposición de mapas y la reclasificación para la obtención de mapas de aplicación de los fertilizantes naturales a partir de la combinación de datos espaciales y alfanuméricos integrados al SIG. Para ello se siguieron los siguientes pasos:

Se integraron a la plataforma *ViSem* los datos correspondientes a las temáticas de suelos *(mapa vectorial poligonal de los suelos, escala 1:100 000, en shapefile e);* relieve *(modelo digital del terreno en formato raster, escala 1:100 000, en formato ASCII)*; precipitaciones *(mapa vectorial de isoyetas, escala 1:10 000, en shapefile)*, temperatura *(mapa vectorial poligonal de las regiones de temperatura, escala 1:25 000, en shapefile)* correspondientes al macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa [15].

A partir de los criterios de un experto del Instituto de Suelos y otro del Centro de Desarrollo de la Montaña de Guantánamo se desarrolló una Ontología de Aplicación (*Ontología de Aplicación de Criterios de Expertos (OA-CE)*. Se desarrolló además por la misma metodología una ontología de dominio de zonas agroecológicas *(OD-ER)*. Esta comprende la representación de las relaciones de cada una de estas temáticas desde el punto de vista semántico y la información necesaria para la determinación del conocimiento requerido sobre los diferentes conceptos tratados en este caso de estudio.

Para determinar las zonas agroecológicas se utilizan la ORD y las ONS, en este caso, son la ontología de aplicación OA-CE y la ontología de dominio OD-ER. La ORD es generada a partir de los datos contenidos en las capas temáticas anteriormente mencionadas y posteriormente es vinculada con la OD-ER.

Otro aspecto a tener en cuenta para la determinación de las zonas agroecológicas son las relaciones topológicas existentes entre los objetos geográficos representados en estos datos, ya que, la aptitud para la aplicación de fertilizantes de cada zona agroecológica estará dada por la presencia y superposición a la vez cada una de las regiones determinadas por las variables que están siendo tomadas en cuenta, o sea, las zonas agroecológicas son aquellas regiones dadas por la intersección de todas y absolutamente todas las regiones de interés definidas por los especialistas.

Una vez determinadas estas zonas se procede a determinar las categorías de aptitud de cada una de ellas sobre la base de los criterios de los especialistas conceptualizados en la OA-CE. Se realizaron diferentes operaciones de búsqueda y análisis de la información espacial integrada en la plataforma de experimentación, mediante la navegación por la ontología generada y se comparó la eficacia de los resultados con los obtenidos utilizando los métodos de superposición de mapas y recuperación basada en el lenguaje SQL, mediante el Error de Contorno calculado por la expresión 1.

$$EC = \frac{\sum |(RA - DA)|}{RA.100} \quad (1)$$

En la cual:

RA- es el área real de la región a detectar por la consulta.

DA- es el área de la región detectada por la consulta

En la tabla 2 se presentan los resultados comparativos en cuanto a eficacia del enfoque propuesto respecto al uso de los enfoques conocidos de integración mediante la superposición de mapas y recuperación basada en el lenguaje SQL.

Tabla II. Resultados de las comparaciones de la eficacia de las operaciones de búsqueda y análisis de la información espacial utilizando el método propuesto y métodos de superposición de mapas y recuperación basada en el lenguaje SQL

Operación	**Resultado en el SIG**			**Resultado en el SIGGO**	
	RA (ha)	DA (ha)	EC	DA (ha)	EC
Selección de aéreas con la clasificación "optima"	2269.80	2279.75	0.43	2269.87	0.003
Selección de aéreas con la clasificación "medianamente óptima"	6620.00	6634,75	0.21	6615.42	0.069
Selección de aéreas con la clasificación "aceptable"	37698.00	37737.00	0.1	37699.75	0.004
Totales	46587.8	46651.5	0.74	46585.04	0.076

Conclusiones

De lo analizado en el estado del arte se concluye que existe una creciente necesidad de crear mecanismos para la integración de fuentes heterogéneas de datos geográficos y que además estos mecanismos estén enfocados en lograr una verdadera interoperabilidad entre los diferentes sistemas en el ámbito geoespacial.

En la literatura existen algunas aproximaciones para tratar estos problemas. Las mejores vías de solución están basadas en el procesamiento de los datos geográficos desde el punto de vista semántico. En este sentido, diversos enfoques basados en ontologías de niveles superiores han sido propuestos para el proceso de integración. Sin embargo, la semántica que subyace en los datos geoespaciales no se está considerando y esta aportaría gran cantidad de información que robustece el proceso de integración. En este sentido se propuso una extensión a los principales enfoques existentes. Con esta nueva propuesta se busca afrontar los problemas detectados en los enfoques existentes en la literatura ya que estos realizan el proceso de integración a alto nivel de abstracción basado solamente en el dominio de los datos por lo que gran cantidad de información útil subyacente en los datos geoespaciales y las relaciones generadas entre los objetos descritos en estos datos no es considerada.

Los resultados obtenidos ponen de manifiesto como el enfoque propuesto permite utilizar esta información para mejorar tareas convencionales que se realizan en los diferentes SIG. Además permite que tareas como la recuperación de información para la toma de decisiones resulten ser más simples y rápidas que los métodos convencionales, incluso para el caso de usuarios no expertos en aplicaciones SIG, ya que posibilita que estos puedan navegar por la ontología y realizar distintos tipos de análisis a partir de las recuperaciones sin la necesidad de conocer las características de las diferentes fuentes de datos que se integran.

Referencias

Anaya D, Cantán O, Lacasta J, Nogueras J, J.Zarazaga F (2002) Interoperabilidad entre estándares de meta-datos geográficos. Depto Informática e Ingeniería de Sistemas Universidad de Zaragoza

Barchini G, Álvarez M, Herrera S (2006) Sistemas de Información: Nuevos Escenarios Basados en Ontologías. Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação Journal of Information Systems and Technology Management

Barker R (1990) Entity Relationship Modelling. Addison-Wesley Publishing Company. Inc.,

Batini C, Scannapieco M (2006) Data Quality: Concepts, Methodologies and Techniques. Berlin, Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Berners-Lee T (2010) Tim Berners-Lee Home Page. http://www.w3.org/People/Berners-Lee/. Accessed Julio 2010

Borst WN (1997) Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse. CTIT Ph.D-thesis series No.97-14., University of Twente, Enschede, The Netherlands

Breis JTF (2003) Un Entorno de Integración de Ontologías para el Desarrollo de Sistemas de Gestión de Conocimiento. UNIVERSIDAD DE MURCIA,

Egenhofer MJ (1993) A model for detailed binary topological relationships. Geomatica Vo. 47, No. 3 & 4

Fonseca F, Egenhofer M (1999) Ontology-Driven Geographic Information Systems. Proc 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems

Garea E, Vantour A, Soto F (2008) Zonificación Agroecológica en Condiciones de Montaña mediante métodos de análisis Espacial. Revista Mapping, España

Goizueta J (2000) Bases de datos geográficos. ECAS Técnicos Asociados SA

Graham I (1996) Métodos Orientados a Objetos. DIAZ DE SANTOS, S.A. EDICIONES,

Gruber TR (1993) A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. Knowledge Acquisition vol 5:199-220.

Guarino N (1998) Formal Ontology and Information Systems. In: Guarino N (ed)

Hakimpour F (2003) Using Ontologies to Resolve Semantic Heterogeneity for Integrating Spatial Database Schemata. PhD thesis Zurich University

Hess GN, Iochpe C (2004) Ontology-driven resolution of semantic heterogeneities in gdb conceptual schemas. Proceedings of the GEOINFO'04: VI Brazilian Symposium on GeoInformatics

Honderich T, Trevijano CG (2001) Enciclopedia Oxford de filosofía. Oxford University Press

Internet (2010a) International Organization for Standardization. http://www.iso.org/iso/home.htm. Accessed Julio 2010

Internet (2010b) ISO/TC-211 Geographic Information/Geomatics. http://www.isotc211.org/. Accessed Julio 2010

Internet (2010c) Open Geospatial Consortium, Inc.® (OGC). http://www.opengeospatial.org/. Accessed Enero 2010

Internet (2010d) World Wide Web Consortium, (W3C). http://www.w3.org/. Accessed Marzo 2010

Kant I (2001) Lectures on metaphysics - Part III Metaphysik L2. Cambridge University Press

Kavouras M, Kokla M, Tomai E (2003) Comparing categories among geographic ontologies. Computers & Geosciences, Special Issue, Geospatial Research in Europe: AGILE

Larin-Fonseca R, Garea-Llano E (2011a) Automatic Generation of the Data-Representation Ontology for Semantic Integration of Heterogeneous Geographical Data. VII Congreso Internacional GEOMATICA 2011, Memorias ISBN:978-959-7213-01-7

Larin-Fonseca R, Garea-Llano E (2011b) Automatic Representation of Geographical Data from Semantic Point of View throughout a New Ontology and Classification Techniques Transaction in GIS Blackwell Publishing Ltd, ISSN: 1467-9671 Vol 15 (Issue 1). doi:doi: 10.1111/j.1467-9671.2010.01242.x

Leibniz GW (1903) Opuscules et fragments inédits de Leibniz. extraits des manuscrits de la Bibliothèque royale de Hanovre. Reprinted Hildesheim, Georg Olms, 1961, Alcan, Paris, France

Lemmens R (2006) Semantic Interoperability of Distributed Geo-services. Delft, Netherlands NCG

Levinsohn A (2001) La Interoperabilidad Geoespacial: El Santo Grial del Campo SIG. Revista Internacional de Ciencias de la Tierra

Peñalvo FJG (2005) Web Semántica y Ontologías. Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web

Power PA (2006) Estándares y Recomendaciones del OGC y CSG. Capítulo B Interoperabilidad y Ejemplos de Interoperabilidad. Instituto Geográfico Nacional

Quine WO (2006) From a Logical Point of View, Nine Logico-Philosophical Essays. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press

Stuckenschmidt H, Visser U, Schuster G, Vögele T (2007) Ontologies for Geographic Information Integration. Pergamon Press, Inc Tarrytown, NY, USA

Visser U (2004) Intelligent Information Integration for the Semantic Web. Lecture Notes in Computer Science Springer Berlin - Heidelberg volume 3159

Wache H, Gele TV, Visser U, Stuckenschmidt H, Schuster G, Neumann H, bner SH (2001) Ontology-based integration of information—a survey of existing approaches. Proceedings of the IJCAI'01: 17th International Joint Conferences on Artificial Intelligence, Seattle, WA, pp108–117