

Ontologías: una técnica de representación de conocimiento

Ontologies: a technical of knowledge representation

Torcoroma Velásquez Pérez¹, M.Sc, Andrés Mauricio Puentes Velásquez¹, Ing,
Jaime Alberto Guzmán Luna², Ph.D

1. Universidad Francisco de Paula Santander, sede Ocaña, Colombia

2. Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín

tvelaquezp@ufpso.edu.co, ampuentesv@ufpso.edu.co, jaguzman@unal.edu.co

Recibido para revisión 05 de julio de 2010, aceptado 28 de junio de 2011, versión final 30 de junio de 2011

Resumen— Se presentan a continuación los aspectos relevantes de la Ingeniería Ontológica como técnica efectiva para la representación de conocimiento. Iniciando con la conceptualización de la web semántica y el papel que juegan las ontologías dentro de la arquitectura de la web semántica; se exploran aspectos de las metodologías de desarrollo de ontologías más utilizadas, así como también, se exponen diversas herramientas requeridas para acceder al conocimiento almacenado en dichas ontologías. Con algunos casos de estudio de representación ontológica de flora y fauna Colombiana se utilizan las herramientas estudiadas anteriormente mostrando resultados favorables en la recuperación de la información de las ontologías.

Palabras Clave— Web Semántica, Ontologías, Owl, Xml.

Abstract— Presented below the relevant aspects of the ontological engineering as an effective technique for the knowledge representation. Starting with concepts from the semantic web and the role of the ontologies inside the architecture of the semantic web; we explore the aspects of the ontology development methodologies, as well as, exposed many software tools required for access to the knowledge stored inside these ontologies. Some case studies from ontologic representation of Colombian flora and fauna are used in order to prove the tools mentioned before, showing favorable results for the information retrieval from these ontologies.

Keywords— Semantic web, Ontologies, Owl, Xml

I. INTRODUCCION

El conocimiento que está compuesto de componentes teóricos y heurísticos tiene una estructura diferente a la información, por tanto su representación debe usar técnicas diferentes para aprovechar todo su dominio. La Web semántica se plantea como una alternativa de solución a los problemas de la web actual, las ontologías deben considerarse como uno de los componentes fundamentales dentro de la arquitectura de la web semántica, la cual es una extensión de la web actual, dotada

de mayor significado; en la que cualquier usuario en internet podrá encontrar respuestas a sus preguntas de forma más rápida y sencilla gracias a una información mejor definida. Para construir ontologías se necesita poder representar el conocimiento de forma que sea legible por los computadores, esté consensuado, y sea reutilizable.

En la primera parte del artículo se presentan unas generalidades sobre la Web semántica, su definición y la forma como estas contribuyen con los problemas que se encuentran en la web actual, se describe la arquitectura desarrollada por Tim Berners-Lee. Seguidamente se introduce sobre las ontologías y el papel que juegan dentro de la web semántica; se revisan las metodologías de desarrollo de ontologías y se muestran algunas herramientas para el acceso de las mismas. Con algunos casos de estudio de representación ontológica de flora y fauna se utilizan las herramientas evaluadas anteriormente.

II. GENERALIDADES

A. Web Semántica

Internet fue concebida por Tim Berners-Lee como un proyecto para gestionar y compartir conocimiento e información entre un selecto grupo de científicos, con el pasar del tiempo y a la par de los avances en la elaboración del hardware que hacía posible la comunicación alrededor del mundo, se fueron desarrollando los aplicativos necesarios para satisfacer las necesidades de usuarios cada vez más elevado en número y en importancia.

El gran volumen de contenidos disponibles en línea dificulta su búsqueda y procesamiento, es urgente pues la necesidad de ingeniar nuevas formas de optimizar el tratamiento que se da a dichos contenidos; para que la información disponible en la red sea interpretada por los computadores sin necesidad de intervención humana, se requiere de la Web semántica. Se habla de una Internet en la que los computadores no sólo son

capaces de presentar la información contenida en las páginas web, como hacen ahora, sino que además pueden “entender” dicha información; la Web semántica puede representar la culminación de esa idea inicial a nivel mundial.

La Web semántica, “no es una Web aparte sino una extensión de la actual en la que la información tiene un significado bien definido, posibilitando que los computadores y las personas trabajen en cooperación” [1]. Se considera a la Web semántica como el futuro de la Web, ya que facilitará la localización de recursos y la comunicación entre sistemas y programas, ayudándonos a gestionar nuestro día a día, hasta llegar a niveles que hoy pueden ser considerados como de ciencia ficción. Para que esto ocurra, es necesario que la información de las páginas web se codifique mediante ontologías. Las ontologías representan el conocimiento contenido en los sitios de internet, definiendo formalmente los diferentes dominios mediante clasificaciones de conceptos y sus relaciones asociadas, a la vez que proporcionan mecanismos lógicos para poder realizar deducciones sobre este conocimiento.

Un servicio centralizado que pretenda clasificar toda la producción informativa de la Web presenta rasgos utópicos. Algo más factible sería tratar de catalogar la información de forma descentralizada, añadiendo cada vez que se incorpora un documento a la red, datos sobre los datos: Metadatos. Los motores de búsqueda rastrean automáticamente gran parte del contenido de la web copiando páginas web e indexando su contenido completo, por lo que normalmente encuentran un número inabarcable de resultados para cualquier búsqueda que no sea demasiado rebuscada, e incorporan distintos y cada vez más sofisticados procedimientos para decidir en qué orden sirven esta información. Los motores de búsqueda están concebidos para dedicarse a eso, no a buscar en información estructurada. Por otra parte, y esto tiene aún más importancia, sus procedimientos no encuentran las páginas dinámicas generadas a partir de la consulta de información, así que no permiten penetrar en la web oculta que tales páginas configuran.

Las búsquedas en la Web, en definitiva, dan habitualmente como resultado un enorme número de ocurrencias en muchos casos irrelevantes, que requieren un costoso filtrado manual por parte del usuario. Los motores de búsqueda pueden tener problemas, pero la mayor parte de la frustración que provoca la búsqueda de información en la red viene de los propios datos. Las razones son tres: los datos no están bien catalogados (no tienen metadatos o éstos son sospechosos), no contienen información semántica legible por la máquina, o bien su calidad (su pertinencia desde el punto de vista del usuario) es ínfima.

En primera instancia, se debe consultar el término “semántica”, definido por el diccionario de la Real Academia Española como “El estudio del significado de los signos lingüísticos y de sus combinaciones, desde un punto de vista sincrónico o diacrónico”. Entonces, es lógico que los pioneros en la investigación hayan bautizado como Web Semántica

a una Red que a través de unos ‘agentes inteligentes’ tendrá la peculiaridad de comprender el contenido de todos los documentos que alberga, así como de interrelacionarlos.

La Web semántica es un área prolifera, situada en la confluencia de la inteligencia artificial y las tecnologías Web, que propone nuevas técnicas y paradigmas para la representación de la información y el conocimiento, para facilitar tanto el localizar como el compartir, integrar y recuperar recursos [2]. La Web Semántica, basada en crear datos procesables por las máquinas, integrará un conjunto de tecnologías diseñadas para posibilitar una nueva visión de la web, permitirá el razonamiento automático, la gestión del conocimiento, la mejora del comercio electrónico y la búsqueda de información de manera eficaz y precisa.

La Web semántica [3] propone superar las limitaciones de la Web actual mediante la introducción de descripciones explícitas del significado, la estructura interna y la estructura global de los contenidos y servicios disponibles en la WWW. Frente a la semántica implícita, el crecimiento caótico de recursos, y la ausencia de una organización clara de la Web actual, la Web semántica aboga por clasificar, dotar de estructura y anotar los recursos con semántica explícita procesable por máquinas. Actualmente la Web se asemeja a un grafo formado por nodos del mismo tipo, y arcos (hiperenlaces) igualmente indiferenciados [4]. La Web semántica ha sido estructurada por niveles, estableciendo una jerarquía de abstracción y unas dependencias entre los distintos niveles (Ver Figura 1).

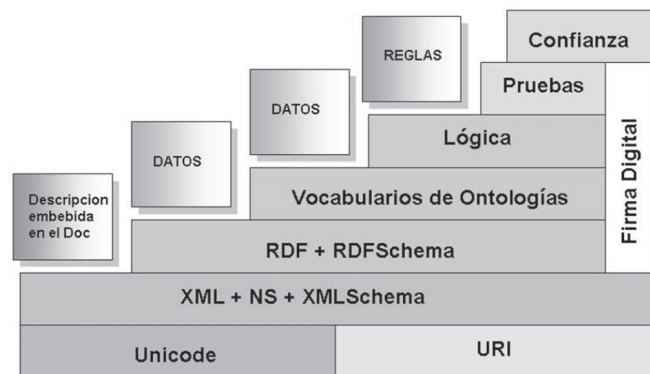


Figura1. Arquitectura de la Web semántica Tomado de: Tim Berners-Lee. Semantic Web -XML2000.

Nivel de Recursos: En el primer nivel se incluye la identificación de recursos Web, estableciendo así la gran importancia que tiene definir el conjunto de recursos distribuidos por la red.

Nivel Sintáctico: En este nivel se soluciona el problema de cómo definir distintos lenguajes de etiquetado para añadir contenido semántico a las páginas Web. (XML + NS + XML_Schema). Esta hace referencia a la capa más técnica de la Web Semántica.

Nivel de Descripción de Recursos: RDF + RDF_Schema: Basada y apoyada en la capa anterior, esta capa define el lenguaje universal con el cual podemos expresar diferentes ideas

en la Web Semántica. RDF es un lenguaje simple mediante el cual definimos sentencias en el formato de una 3-upla o triple (sujeto, predicado y objeto). Tanto esta capa como la anterior corresponden a las anotaciones de la información (Metadatos).

Nivel de Ontologías: Esta capa permite extender la funcionalidad de la Web Semántica, agregando nuevas clases y propiedades para describir los recursos. Las Ontologías son la piedra angular de la propuesta de Berners-Lee, ya que ofrecen un criterio para catalogar y clasificar la información.

Nivel de Lógica: Además de las Ontologías se precisan reglas de inferencia. Una Ontología puede expresar la regla “Si un código de ciudad está asociado a un código de estado, y si una dirección es el código de ciudad, entonces esa dirección tiene el código de estado asociado”. De esta forma, un programa podría deducir que una dirección de la Universidad Francisco de Paula Santander al estar en la ciudad de Cúcuta, debe estar situada en Colombia, y debería por lo tanto estar formateado según los estándares de la W3C. El computador no “entiende” nada de lo que está procesando, pero puede manipular los términos de modo mucho más eficiente beneficiando la inteligibilidad humana. El nivel de la lógica pretende dar flexibilidad a la arquitectura para realizar consultas e inferir conocimiento a partir de las Ontologías de la capa anterior.

Nivel de Pruebas: Será necesario el intercambio de “pruebas” escritas en el lenguaje unificador de la Web Semántica (se trata del lenguaje que hace posible las inferencias lógicas a través del uso de reglas de inferencia tal como es especificado por las Ontologías).

Nivel de Confianza: Es importante que los agentes sean muy escépticos acerca de lo que leen en la Web Semántica hasta que hayan podido comprobar de forma exhaustiva las fuentes de información que le suministran la información requerida.

Firma digital: Bloque encriptado de datos que serán utilizados por los computadores y los agentes para verificar que la información adjunta ha sido ofrecida por una fuente específica confiable. [5]

B. Definición de Ontología

En la web semántica, se necesita que el conocimiento esté representado de forma que sea legible por los computadores, esté consensuado, y sea reutilizable, las ontologías proporcionan la vía para representar este conocimiento. El éxito de la Web semántica, según sus impulsores, se materializará en parte por la disposición a compartir ontologías que muestren comunidades y grupos en la web.

En 1991, ARPA revolucionó la manera de construir sistemas inteligentes. Ellos propusieron lo siguiente: “Hoy día construir sistemas basados en conocimiento exige construir nuevas bases de conocimiento a partir de la nada”. Esto podría hacerse articulando componentes reutilizables, los desarrolladores de sistemas pueden entonces preocuparse únicamente por construir conocimientos especializados y nuevos razonadores de acuerdo

a la tarea específica de sus sistemas, utilizándolos para realizar algunos de sus razonamientos. De esta manera, el conocimiento declarativo, las técnicas de solución de problemas y los servicios de razonamiento serían todos ellos compartidos entre sistemas. Este enfoque facilitaría la construcción de grandes y mejores sistemas a bajo costo”.

La palabra Ontología ha sido tomada de la filosofía, y se define como una explicación sistemática de la existencia. En el campo de la Inteligencia Artificial, (para Neches y colegas) una Ontología define los términos básicos y las relaciones comprendidas en el vocabulario de un área temática así como las reglas para combinar términos y relaciones que permitan definir extensiones del vocabulario. De acuerdo con esta definición, una ontología no sólo incluye los términos definidos explícitamente en ella, sino también aquellos términos que pueden ser deducidos a través de reglas. La definición de Gruber [6] es “una Ontología es una especificación explícita de una conceptualización” se convierte en la definición más referenciada en la literatura. Borst modifica sutilmente la definición de Gruber diciendo que: “Las Ontologías son definidas como una especificación formal de una conceptualización compartida”.

Estas dos definiciones han sido explicadas por Studer y colegas: “Conceptualización se refiere a un modelo abstracto de algún fenómeno en el mundo identificando los conceptos relevantes de dicho fenómeno. *Explícita* significa que los tipos de conceptos usados y las restricciones que sobre ellos se dan estén definidos explícitamente. *Formal* se refiere al hecho que una ontología debería ser comprensible por la máquina. *Compartida* se refiere a la idea de que una ontología captura un conocimiento consensuado, esto es, la ontología no es privada para algún individuo, debe ser aceptada por un grupo”.

C. Metodologías para el desarrollo de ontologías

El proceso de construir una ontología es algo más que una actividad de ingeniería, cada grupo de desarrollo usualmente sigue sus propios principios, criterios de diseño y fases de desarrollo en este proceso. La falta de métodos y normas generalizados para la definición de una ontología tanto al interior de los equipos de trabajo, como entre ellos, obstaculiza el desarrollo de ontologías compartidas y consensuadas, la extensión de ontologías desarrolladas por otros grupos, y su rehusó en otras ontologías y en aplicaciones finales.

Es común entre desarrolladores de ontologías, pasar directamente desde la adquisición del conocimiento a la implementación, lo cual representa los siguientes problemas: [7] los modelos conceptuales de la ontología están implícitos en el código de la implementación; los compromisos ontológicos y los criterios de diseño están implícitos y explícitos en el código de la ontología; los expertos del dominio y los usuarios finales no comprenden las ontologías formales codificadas en un lenguaje ontológico; como con las bases de conocimiento tradicionales, la codificación directa del resultado de la adquisición del conocimiento es un paso muy

repentino, especialmente en el caso de ontologías complejas; las preferencias del desarrollador de la ontología por un lenguaje particular condicionan la implementación del conocimiento adquirido; y los desarrolladores de ontologías (que no están familiarizados o simplemente no tienen experiencia en los lenguajes en los que se codifican las ontologías) pueden tener dificultad para entender ontologías implementadas o incluso para crear una nueva ontología, ya que las herramientas

tradicionales ontológicas se enfocan mucho más en aspectos de implementación que en cuestiones de diseño.

Hasta el momento no existe una metodología estándar para el desarrollo de Ontologías, a medida que se extiende el uso de las Ontologías, van surgiendo metodologías de desarrollo que identifican diferentes pasos a seguir para construir dichas Ontologías. Algunas de estas metodologías se comentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Metodologías para el desarrollo de ontologías

Metodología	Uso	Desarrollador	Fases
Metodología de Uschold y Grüninger	Desarrollo de Enterprise Ontology	Universidad de Edimburgo junto a IBM Lloyds y Unilever	Identificación de Propósito, Construcción de la Ontología, Evaluación y Documentación
Metodología Gruninger y Fox	Desarrollo de la Ontología TOVE	(<i>Toronto Virtual Enterprise</i>)	Captura de Escenarios, Formulación de Preguntas de Competencia Informales, Especificar la Terminología en un Lenguaje Formal y, Establecer las condiciones que determinan cuando la Ontología esta Completa.
Metodología Amaya	Investigaba la posibilidad de rechazo de conocimiento en procesos técnicos complejos y el beneficio de uso de Ontologías	proyecto ESPRIT KACTUS	Especificación de la Aplicación, Diseño Preliminar Basado en Categorías del Nivel de Abstracción más General y, Refinamiento y Estructuración de la Ontología
Metodología basada en SENSUS	Es usada para construir Ontologías tomando como base los conceptos abstractos identificados en la Ontología SENSUS		Descartar los términos no relevantes de la Ontología SENSUS; para ello, se parte de unos términos relevantes del dominio que se toman como semilla y se excluyen todos los que no se encuentran en el camino hasta la raíz; y Se incluyen en este grafo otros términos relevantes del dominio.
Methontology	Permite la construcción de ontologías en un nivel de conocimiento	Ontology Group de la Universidad Politécnica de Madrid	Especificación de requisitos, adquisición de conocimiento, conceptualización, formalización, integración, implementación, evaluación, documentación

Todas estas metodologías tienen en común que comienzan con la identificación del propósito de la ontología y la necesidad de adquirir conocimiento del dominio en cuestión. Sin embargo, habiendo adquirido una cantidad significativa de conocimiento, la metodología de Uschold propone codificar en un lenguaje formal mientras que METHONTOLOGY propone expresar la idea como un conjunto de representaciones intermedias (IR); estas IRs establecen un puente entre la manera en que las personas ven un dominio y los lenguajes en que se formalizan las ontologías. Estas representaciones intermedias proveen al usuario un enfoque amigable para la adquisición del conocimiento, y para la evaluación realizada por los ingenieros de conocimiento (cognimáticos) y los expertos del dominio.

La necesidad de evaluar las ontologías [8] se identifica en las metodologías anteriores. La metodología de Uschold incluye esta actividad, pero no establece como podría llevarse a cabo. Gruninger y Fox proponen la identificación de un conjunto de preguntas de competencia, una vez ha sido expresada formalmente la metodología, es comparada con este conjunto de interrogantes. Finalmente, METHONTOLOGY propone que deben llevarse a cabo actividades de evaluación durante todo

el tiempo de vida del proceso de desarrollo de la ontología, principalmente en la fase de conceptualización.

METHONTOLOGY, [9] tiene sus raíces en las principales actividades identificadas para el proceso de desarrollo de software y en metodologías de ingeniería de conocimiento, además es la metodología recomendada para la construcción de Ontologías por la Fundación para los Agentes Físicos Inteligentes (FIPA)[10], que promueve la interoperabilidad entre aplicaciones basadas en agentes.

En la Universidad Francisco de Paula Santander se ha trabajado desde hace un par de años, en primer lugar, haciendo un estudio detallado acerca de los elementos conceptuales de la Ingeniería Ontológica, necesarios para la elaboración de ontologías siguiendo metodologías reconocidas y siguiendo buenas prácticas; en segundo lugar, se han realizado ontologías de diferentes dominios de conocimiento con lo que se ha podido comprobar la eficiencia en los resultados obtenidos cuando se trabaja siguiendo metodologías ampliamente reconocidas como Methontology, implementándolas en herramientas de amplia difusión y de fácil manejo como Protégé. Los casos específicos realizados se referencian a continuación, así como se

referenciarán también una serie de herramientas que sirvieron de apoyo en los procesos de razonamiento sobre dichas ontologías, así como plantillas para el acceso al conocimiento configurado en dichas ontologías.

Después de revisar estas metodologías se escogió Methontology para aplicarlo a dos casos específicos Desarrollo de una ontología para la búsqueda semántica de géneros de orquídeas de la flora colombiana [11] y Representación ontológica de peces del Catatumbo [Ernesto], proyectos que hacen parte del macroproyecto de Diseño Ontológico de flora y fauna colombiana del grupo de investigación de Teleinformática y Desarrollo de Software (GITYD) obteniéndose resultados satisfactorios en su implementación.

III. HERRAMIENTAS PARA EL ACCESO A ONTOLOGÍAS

En un estudio sobre las herramientas para el manejo y la manipulación de ontologías [12] se analizaron Prolog Server Pages y Prosper, se evaluó el paquete RAP, que integra numerosas características, entre ellas se distinguen, un motor de consulta en SPARQL [13], un servidor en RDF, y métodos específicos de vocabulario que permite la manipulación de modelos RDF.

Prolog Server Pages (PSP). El primer sistema que se implementó fue Prolog Server Pages (PSP), un lenguaje de script basado en prolog que se incrusta en los documentos HTML, el cual se puede manejar en diferentes plataformas. Se optó por utilizar esta herramienta, pues es considerada una intérprete que actúa como interfaz entre un servidor web y un

navegador. De igual forma, PSP es compatible con peticiones GET y HTTP POST. También proporciona métodos para trabajar con las cookies de http [14].

Prosper [15]. La principal característica por la cual fue escogida esta aplicación, es su adaptación a la web, ya que cuenta con un módulo FastCgi [16], el cual trabaja como un protocolo para interconectar programas interactivos con un servidor web. De igual forma, este sistema trae incorporado un intérprete PSP, que procesa las peticiones en Prolog, esta última razón, es muy importante para el tratamiento de ontologías.

RAP [17] es un paquete de software, que posee una gran cantidad de características orientadas a la web y está centrado en los procedimientos ontológicos para la manipulación de un modelo RDF [18], a través de métodos específicos de vocabulario. RAP, integra lenguajes de consulta, análisis y tratamiento de los modelos RDF (Ontologías). RAP posee prestaciones y características especiales que permiten el acceso y manipulación de modelos ontológicos previamente implementados.

Se realizaron las pruebas pertinentes que consistían en que la implementación de RAP permitirá demostrar la posibilidad de acceder y manipular contenidos de una ontología implementada en un lenguaje formal. Para esta prueba se utilizó la ontología desarrollada de ontologías de peces del Catatumbo [19], en la Figura 2 se muestra la lectura de la ontología.

Se desarrolló una plantilla [20] que permite visualizar la información de la ontología de peces del Catatumbo, en la interfaz se debía digitar el nombre de un pez en un ejemplo se muestra el resultado del caso “Bocachico”, como se representa en la ontología diseñada. (Ver Figura 3).

URI base: pecescatatumbo.rdf #			Tamaño: 748
Prefijo:	Espacio de nombres:		
kb	http://protege.stanford.edu/kb #		
rdf	http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns #		
rdfs	http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema #		
N °	Asunto	Predicado	Objeto
1.	Recursos: kb: AequidensPulcher	RDF Nodo: rdf: type	Recursos: kb: Aequidens
2.	Recursos: kb: AequidensPulcher	Recursos: kb: Descubridor	Literal: Gill, 1858
3.	Recursos: kb: AequidensPulcher	Recursos: kb: Localidad	Literal: Maravilla de La Quebrada
4.	Recursos: kb: AequidensPulcher	Recursos: kb: Nombre	Literal: Azul Mojarra
5.	Recursos: kb: AequidensPulcher	RDF Nodos rdfs: label	Literal: AequidensPulcher
6.	Recursos: kb: AequidensPulcher	Recursos: kb: TieneAletaDorsal	Recursos: kb: AlargadayAfilada

Figura2. Lectura del modelo ontológico Tomado de: Estudio de Herramientas para el acceso a ontologías [12]

No.	?NOMBRE	?GENERO	?ESPECIE	?AUTOR	?LOCALIDAD
1.	Literal: Bocachico	Resource: http://protege.stanford.edu/kb#Prochilodus	Literal: ProchilodusReticulatus	Literal: Valenciennes, 1850	Literal: Rio Antes del aserrio el Divizo, cuenca media del rio Catatumbo

Figura3. Resultado de la consulta “Bocachico”. Tomado de: Estudio de Herramientas para el acceso a ontologías [12]

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

La web semántica se propone como una extensión de la web actual que pretende solucionar los problemas presentes en las búsquedas de la web. La Ontología es una forma de estructuras conocimiento, para su desarrollo se debe inicialmente identificar el contexto, conceptualizar el conocimiento, representar, construir y validar la ontología, esto siguiendo una metodología de desarrollo como Methontology, la cual fue probada en los casos presentados con buenos resultados.

Después de creada la ontología en formato OWL, es importante seleccionar herramientas que permitan la gestión de la misma, después de estudiar herramientas para el manejo y la manipulación como Prolog Server Pages y Prosper, se selecciona el paquete RAP, con el motor de consulta SPARQL, permitiendo con estas herramientas probar las ontologías desarrolladas.

Como trabajo futuro se plantea estudiar a fondo otras metodologías diferentes a MENTOTOLOGY en otros dominios del conocimiento.

REFERENCIAS

- [1] [Citado enero 3, 2010]. Disponible en: <http://www.scientificamerican.com/2001/0501issue/0501berners-lee.html>.
- [2] [Citado enero 3, 2010]. Disponible en: <http://girg.ugr.es/~mgea/coline02/Articulos/pcastells.pdf>.
- [3] Berners-Lee 1999.
- [4] [Citado enero 5, 2010]. Disponible en: <http://www.semanticweb.org/>, <http://www.ontology.org/>.
- [5] [Citado enero 5, 2010]. Disponible en: XML Signature WG: <http://www.w3.org/Signature/>.
- [6] Gruber TR. A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition* 5(2):199–220. 1.993.
- [7] Fernández-López M, Gómez-Pérez A, Juristo N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. *Spring Symposium on Ontological Engineering of AAAI*. Stanford University, California, pp 33–40. 1.997.
- [8] Gómez-Pérez A, Evaluation of Taxonomic Knowledge on Ontologies and Knowledge-Based Systems. In: Gaines BR, Kremer R, Musen MA (eds) *12th Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems Workshop (KAW'99)*, Banff, Canada, pp 6.1:1–18. 1.999.
- [9] Gómez-Pérez A. Ontological engineering: with examples from the areas of knowledge management, e-commerce and the semantic web / Asunción Gómez-Pérez, Mariano Fernández-López, and Oscar Corcho. 2.004.
- [10] [Citado enero 15, 2010]. Disponible en: <http://www.fipa.org>.
- [11] Puentes, Andrés M. Ontología para la búsqueda semántica de géneros de orquídeas de la flora colombiana, Universidad Francisco de Paula Santander, julio 2010.
- [12] Velásquez, T, Puentes, Andrés M. y Castro, S. Estudio de herramientas para el acceso a ontologías: caso aplicado a una ontología de peces del Catatumbo, *Revista Ingenio_UFPSO*, 2010.
- [13] PRUD'HOMMEAUX, E. SEABORNE, A. Lenguaje de consulta SPARQL para RDF, W3C Working Draft. Abril 2005.
- [14] Sucie, Alin. *Redes y Arquitectura de Internet*. Cornell University, marzo 2006.
- [15] HUNYADI, Levente. *Prosper: Un Marco para la Ampliación de Prolog*. Octubre, 2005.
- [16] [Citado octubre 4, 2010]. Disponible en: <http://www.fastcgi.com/>.
- [17] OLDAKOWSK, Radoslaw. BIZER, Christian. WESTPHA, Daniel. *RAP: RDF API for PHP*. Universidad de Berlin, 2002.
- [18] KLYNE, G. CARROLL, J: *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, W3C Recommendation*. Febrero, 2004.
- [19] López, L. *Representación ontológica de peces del Catatumbo*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, diciembre 2010.
- [20] Castro, S. *Diseño e implementación de plantillas que permitan leer ontologías*. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, diciembre 2010.