

# Razonamiento con Ontologías Inconsistentes: Reporte de Avance

†Sergio Alejandro Gómez, †Pedro Daniel Castaño, †Diego César Martínez,  
†‡Carlos Iván Chesñevar, †Guillermo Ricardo Simari

†Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial (LIDIA)\*  
Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación  
Universidad Nacional del Sur  
Av. Alem 1253 - (8000) Bahía Blanca - Argentina  
Tel/Fax: (+54) 291-4595135/6

E-mail: {sag, dcm, cic, grs}@cs.uns.edu.ar, pedropdc@hotmail.com

‡Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

## Resumen

La *Web Semántica* es una visión de la Web en la cual la información tiene un significado exacto. Dado un agente con poder delegado por su usuario propietario, se desea que el mismo sea capaz de razonar en base a tal información para cumplir con los objetivos propuestos. El significado de los datos se especifica mediante ontologías. La incoherencia y inconsistencia son dos anomalías que se pueden hallar en las definiciones ontológicas. Dada la diversidad de usuarios y de dominios de aplicación existentes, el planteo de una ontología universal es totalmente inviable; por lo tanto, generalmente un agente debe razonar con varias ontologías en simultáneo. Dado que estas ontologías pueden a su vez ser mutuamente inconsistentes es necesaria su reconciliación, actividad que se conoce como *integración de ontologías*. La argumentación rebatible es un tipo de razonamiento no-monótono que produce conclusiones tentativas en presencia de información incompleta y potencialmente contradictoria. En esta línea de investigación, exploramos la aplicación de la argumentación rebatible al procesamiento de ontologías inconsistentes y la integración de ontologías potencialmente inconsistentes. Así, su implementación computacional permitirá modelar parte del estado interno de agentes inteligentes operando en la Web Semántica.

**Palabras clave:** Inteligencia Artificial, Razonamiento no-monótono, Argumentación rebatible, Programación en Lógica Rebatible, Web Semántica, Ontologías,

*Web Ontology Language (OWL)*, Lógicas para la Descripción, Integración de ontologías, Agentes inteligentes, Programación Web, *CakePHP*

## Contexto

Esta línea de investigación está financiada por la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (PGI 24/N006), por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET, Argentina) (PIP 112-200801-02798), por la *COST Action IC0801 on Agreement Technologies (ESF – European Union)* y por la Universidad Nacional del Sur.

## Introducción

La *Web Semántica* [5] es una visión futura de la Web donde el significado de los recursos web se define en forma precisa mediante ontologías para permitir que agentes, con poder delegado por sus usuarios, automaticen la prestación de servicios de descubrimiento y correlación de datos descriptos mediante etiquetas ontológicas. Una ontología es una formalización de una parte de un dominio de aplicación [18]. La Web Semántica se halla definida por una estructura en capas (véase la Figura 1). La capa de ontologías permite definir ontologías mediante el lenguaje OWL-DL [20], cuya semántica está basada en las Lógicas para la Descripción (DL) [3]. Las DL son una familia de formalismos de representación de conocimiento basados en las nociones de *conceptos* (predicados unarios, clases) y *roles* (relaciones binarias), y están principalmente caracterizados por constructores que permiten describir

\*LIDIA es un miembro del IICyTI (Instituto de Investigación en Ciencia y Tecnología Informática).

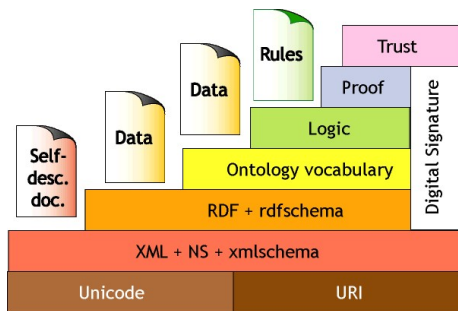


Figura 1: Capas de la Web Semántica

conceptos complejos y roles a partir de otros atómicos usando conjunción, disyunción, negación, restricciones (cuantificaciones) existencial y de valor, entre otros. Una ontología DL consiste de dos conjuntos finitos y mutuamente disjuntos: una Tbox que introduce la *terminología* y una Abox que contiene *aserciones* acerca de objetos particulares en el dominio de aplicación. Las sentencias de la Tbox representan inclusiones o equivalencias de descripciones (posiblemente complejas) de conceptos.

Una importante tarea de razonamiento sobre ontologías es el chequeo de instancia, el cual consiste en determinar si un individuo determinado es o no instancia de un concepto dado. Las anomalías que pueden surgir a la hora de computar el chequeo de instancia son dos: la incoherencia y la inconsistencia. Una ontología es incoherente cuando contiene definiciones de conceptos vacíos. En cambio, una ontología es inconsistente cuando no tiene modelo. El éxito de la iniciativa para la Web Semántica se apoya en la existencia de razonadores existentes (*e.g.*, Racer, Fact, Pellet), que, si bien son capaces de reconocer ontologías incoherentes e inconsistentes, el ingeniero de conocimiento solamente es notificado de tal situación y debe *depurar* la ontología para que la misma pueda ser utilizada eficazmente. Esta opción muchas veces es imposible de llevar a cabo por varios motivos, entre los que se cuentan que el ingeniero de conocimiento no tiene autoridad ni el conocimiento para corregir una ontología, una ontología puede estar basada en otras ontologías importadas, o el dominio a modelar puede ser intrínsecamente inconsistente.

Otra forma de lidiar con el problema de la inconsistencia en ontologías consiste en aceptar la inconsistencia y utilizar un mecanismo de razonamiento no-estándar para obtener alguna respuesta *significativa*. En nuestro acercamiento al razonamiento con ontologías inconsistentes aplicamos la *argumentación rebatible* para llevar a cabo el segundo enfoque.

La capa de reglas tiene como objetivo la adición de

reglas sobre la capa de ontologías para modelar casos no contemplados por los lenguajes de ontologías (principalmente por cuestiones de eficiencia) tales como representar más de una variable libre al mismo tiempo. Los formalismos existentes se originan en el área de la Programación en Lógica [2]. Existen dos acercamientos al problema: un acercamiento *híbrido* en el cual hay una separación estricta entre los predicados de las reglas y los predicados/conceptos de las ontologías subyacentes y un enfoque *homogéneo* que no distingue entre los predicados de las reglas y los de las ontologías. Es de notar que SWRL [19], el lenguaje que implementa la capa de reglas en la Web Semántica, no soporta la negación *default* mientras que la negación clásica puede simularse con el operador de complemento de clases.

El estudio de la argumentación puede ser considerado concerniente con cómo las aserciones son propuestas, discutidas y resueltas en el contexto de asuntos en los cuales se pueden mantener varias opiniones divergentes [22, 7, 4]. Tales opiniones divergentes son llamadas *argumentos*. Dado un argumento todos los contraargumentos del mismo son considerados, los contraargumentos de estos últimos y así sucesivamente para formar un árbol de dialéctica. Cuando un contraargumento es derrotado por otro contraargumento, se dice que el argumento inicialmente atacado es *reinstaurado*. Los argumentos que son raíz de algún árbol de dialéctica en el cual todos sus derrotadores se hallan derrotados se dicen *argumentos garantizados* y los mismos son considerados las conclusiones válidas del sistema argumentativo. En particular, la Programación en Lógica Rebatible (DeLP) [8, 23] brinda un lenguaje de representación de conocimiento y razonamiento que combina la Programación en Lógica y la argumentación rebatible. De esta manera, la codificación de conocimiento por medio de la DeLP provee un equilibrio entre expresividad e implementabilidad, que permite lidiar con conocimiento potencialmente contradictorio. Sucintamente, un programa DeLP  $\mathcal{P}$  se halla formado por un conjunto hechos, un conjunto de reglas rebatibles (o tentativas) y un conjunto de reglas estrictas. Dada una consulta con respecto a  $\mathcal{P}$ , representada por un literal lógico  $L$ , el mecanismo de razonamiento forma argumentos a favor y en contra de  $L$ , y, mediante un análisis dialéctico, se determina su estado de garantía dando una respuesta que puede ser SÍ (cuando  $L$  se halla garantizado), NO (cuando la negación de  $L$  se halla garantizada) o INDECISO (cuando no es posible llegar a una conclusión).

A continuación, explicamos los tópicos asociados a

esta línea de investigación, repasamos los resultados obtenidos, y, además, discutimos el trabajo actual en progreso vislumbrando líneas futuras de investigación y detallamos la relación de estos temas con la formación de recursos humanos.

## Tópicos de Investigación

En esta línea de investigación podemos encontrar los siguientes tópicos:

- El estudio de los mecanismos de representación de ontologías estándar y la exploración de mecanismos alternativos, en particular la extensión de los estándares actuales mediante la aplicación de la argumentación rebatible para razonar en presencia de ontologías incompletas y potencialmente inconsistentes.
- El estudio de la integración de ontologías y fuentes de datos cuando las mismas son potencialmente inconsistentes. En particular estamos interesados en la integración de ontologías en el contexto de la Web Semántica mediante la argumentación rebatible.
- La caracterización formal de las propiedades emergentes de los formalismos de razonamientos desarrollados para resolver los tópicos anteriores.
- El análisis de las posibilidades de aplicación e implementación del formalismo desarrollado junto con una evaluación empírica de su aplicación a ontologías reales.
- La aplicación de los resultados obtenido a la implementación de agentes inteligentes operando en la Web Semántica, en particular se piensa en un agente deliberativo cuyo modelo de razonamiento esté basado en la argumentación rebatible y sus sensores procesen datos hallado en la Web Semántica.

## Resultados y Objetivos

A continuación resumimos los resultados obtenidos en esta línea de investigación y discutimos los resultados esperados en el corto y mediano plazo.

### Resultados obtenidos

**Marco de las  $\delta$ -ontologías:** En trabajos previos, Gómez, Chesñevar y Simari [11, 12, 16] presentaron

un formalismo de razonamiento con ontologías DL posiblemente inconsistentes llamado  $\delta$ -ontologías. Una  $\delta$ -ontología conserva el lenguaje de representación de conocimiento de las ontologías DL tradicionales<sup>1</sup> pero la semántica de tales ontologías se define usando programas DeLP lo cual permite determinar en forma rebatible la pertenencia de individuos a clases en presencia de inconsistencias. Se definió formalmente el marco de razonamiento de las  $\delta$ -ontologías y se caracterizó su comportamiento con un conjunto de ejemplos típicos. Por otro lado, se estudió una buena parte de las propiedades que emergen de la aplicación de tal formalismo al razonamiento con ontologías inconsistentes. También, se mostró una aplicación del formalismo introducido al problema de la integración de ontologías [12, 16] y al problema del desarrollo de formularios web inteligentes [13]. Además, en [14] se mostró cómo integrar el acercamiento de las  $\delta$ -ontologías con una propuesta de reglas en la Web Semántica mediante un enfoque homogéneo.

**Integración de ontologías:** En otras aristas de la línea de investigación, Gómez, Chesñevar y Simari han extendido los resultados presentados en [16] para modelar la integración de ontologías *local-as-view* [15, 17] definiendo un marco formal, estudiando ejemplos representativos, propiedades emergentes, aciertos y limitaciones.

**Implementación computacional:** En las publicaciones mencionadas más arriba los resultados presentados tienen una validación computacional mediante ejemplos realizados como *prueba de concepto* en el intérprete en línea de DeLP (véase la URL [http://lidia.cs.uns.edu.ar/delp\\_client/index.php](http://lidia.cs.uns.edu.ar/delp_client/index.php)). No obstante, uno de los objetivos perseguidos por esta línea de investigación es la implementación computacional de prototipos de los marcos teóricos desarrollados.

En este respecto, en la tesina de grado [6], se desarrolló un *front-end* (véase la Figura 2) para brindar una interfaz web a una aplicación de consola existente para convertir ontologías OWL en programas lógicos llamada *dlp-convert* [21]. La aplicación fue desarrollada en *CakePHP* [10], que es un marco de desarrollo rápido para PHP [1], de código abierto, que permite trabajar de forma estructurada y rápida, sin pérdida de flexibilidad y poniendo el énfasis en la lógica específica

<sup>1</sup>Como ontologías DL tradicionales, nos referimos a la interpretación dada por el texto de [3].

de la aplicación. Es de notar que la aplicación desarrollada por Castaño está completamente parametrizada permitiendo, entre otras características, modificar la aplicación subyacente de traducción de ontologías.

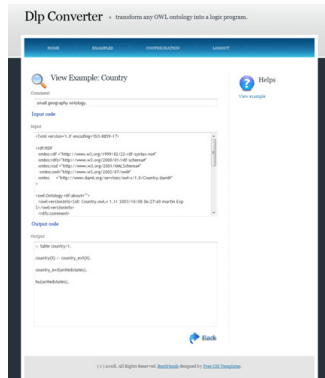


Figura 2: Aplicación web desarrollada como un *frontend* para traducir ontologías OWL como programas lógicos

## Objetivos de investigación

Nuestro trabajo de investigación actual está orientado hacia los siguientes objetivos. Por un lado, estamos interesados en extender la caracterización formal de las propiedades emergentes del formalismo de las  $\delta$ -ontologías en su relación con la capacidad de modelar la integración de ontologías. Por otro lado, estudiaremos las posibilidades de implementación computacional tendientes al desarrollo de aplicaciones tecnológicas que incluyen al desarrollo de agentes inteligentes en la Web Semántica.

En este sentido, se destaca la aplicación presentada en la Figura 2, uno de los objetivos de investigación comprende su extensión e integración con el intérprete DeLP [9]. Esto permitirá crear un *test bed* para experimentar en forma práctica prototipos de agentes que razonen sobre contenido web apropiadamente etiquetados con información semántica.

## Formación de Recursos Humanos

Durante el año 2010, como parte de los esfuerzos orientados a esta línea de investigación Sergio Gómez y Diego Martínez dirigieron la tesina de grado de Pedro Castaño que fue culminada en diciembre de 2010 [6]. Los resultados asociados al desarrollo de esta tesina fueron presentados en la Sección *Resultados obtenidos*.

## Referencias

- [1] Mehdi Achour, Friedhelm Betz, Antony Dovgal, Nuno Lopes, Hannes Magnusson, Georg Richter, Damien Seguy, and Jakub Vrana. *Php manual*. <http://www.php.net/manual/en/>, 2011.
- [2] Grigoris Antoniou, Carlos Viegas Damasio, Benjamin Grosz, Ian Horrocks, Michael Kiefer, Jan Maluszynski, and Peter F. Patel-Schneider. *Combining Rules and Ontologies. A survey*. REWERSE 2005, 2005.
- [3] Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah McGuinness, Daniele Nardi, and Peter Patel-Schneider, editors. *The Description Logic Handbook – Theory, Implementation and Applications*. Cambridge University Press, 2003.
- [4] T. J. M. Bench-Capon and Paul E. Dunne. *Argumentation in artificial intelligence*. *Artif. Intell.*, 171(10-15):619–641, 2007.
- [5] T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila. *The Semantic Web*. *Scient. American*, 2001.
- [6] Pedro Castaño. *Conversión de ontologías OWL en Logic Programs. Aplicación Web: DLP Converter*. Tesina de grado, Departamento de Ciencias e Ingeniería de la Computación, Universidad Nacional del Sur, 2010.
- [7] C. Chesñevar, A. Maguitman, and R. Loui. *Logical Models of Argument*. *ACM Computing Surveys*, 32(4):337–383, December 2000.
- [8] A. García and G. Simari. *Defeasible Logic Programming: An Argumentative Approach*. *Theory and Prac. of Logic Program.*, 4(1):95–138, 2004.
- [9] Alejandro Javier García, Nicolás D. Rotstein, Mariano Tucac, and Guillermo Ricardo Simari. *An Argumentative Reasoning Service for Deliberative Agents*. In Zili Zhang and Jörg H. Siekmann, editors, *KSEM*, volume 4798 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 128–139. Springer, 2007.
- [10] David Golding. *Beginning CakePHP: from Novice to Professional*. Apress, 2008.
- [11] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. *Inconsistent Ontology Handling by Translating Description Logics into Defeasible Logic Programming*. *Re-*

*vista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11(35):11–22, 2007.

- [12] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. An Argumentative Approach to Reasoning with Inconsistent Ontologies. In Thomas Meyer and Mehmet A. Orgun, editors, *Proc. of the Knowledge Representation in Ontologies Workshop (KROW 2008)*, volume CPRIT 90, pages 11–20, Sydney, Australia, 2008.
- [13] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Integration of Web-based Forms with Ontologies in the Semantic Web. In Antonio Castro Lechtaler Norberto Caminoa, Fernanda Carmona, editor, *Actas del XIV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2008)*, Chilecito, Argentina, 6-10 octubre 2008, 2008.
- [14] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Integration of Rules and Ontologies with Defeasible Logic Programming. In *XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2009)*, 2009.
- [15] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Local-as-View Integration of Ontologies in Defeasible Logic Programming. In *Anales del XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2010)*, pages 11–20, 2010.
- [16] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Reasoning with inconsistent ontologies through argumentation. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 24(1):102–148, 2010.
- [17] Sergio Alejandro Gómez, Carlos Iván Chesñevar, and Guillermo Ricardo Simari. Local-as-View Integration of Ontologies Through Argumentation. In *The IJCAI-11 Workshop on Automated Reasoning about Context and Ontology Evolution (ARCOE-11) (submitted)*, 2011.
- [18] T. R. Gruber. A translation approach to portable ontologies. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220, 1993.
- [19] Ian Horrocks, Peter F. Patel-Schneider, Harold Boley, Said Tabet Benjamin Grosf, and Mike Dean. SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML. National Research Council of Canada, Network Inference, and Stanford University, 2004.
- [20] Deborah L. McGuinness and Frank van Harmelen. OWL Web Ontology Language Overview, 2004. <http://www.w3.org/TR/owl-features/>.
- [21] B. Motik, D. Vrandečić, P. Hitzler, Y. Sure, and R. Studer. dlpconvert: Converting owl dlp statements to logic programs. In *European Semantic Web Conference 2005 (ESWC 2005) Demos and Posters*, 2005.
- [22] Henry Prakken and Gerard Vreeswijk. Logical Systems for Defeasible Argumentation. In D. Gabbay and F. Guenther, editors, *Handbook of Philosophical Logic*, pages 219–318. Kluwer Academic Publishers, 2002.
- [23] G. Simari and R. Loui. A Mathematical Treatment of Defeasible Reasoning and its Implementation. *Artificial Intelligence*, 53:125–157, 1992.