

## **El proceso de formalización semántica en la enseñanza del lenguaje de programación Python**

**Carlos A. Bartó, Aldo Algorry y Laura C. Díaz**

Laboratorio de Desarrollo de Software, Departamento de Computación

F. C. E. F. y N. - U. N. C.

[cbarto@gmail.com](mailto:cbarto@gmail.com) , [lcd\\_ic@yahoo.com.ar](mailto:lcd_ic@yahoo.com.ar), [aalgorry@gmail.com](mailto:aalgorry@gmail.com)

### **Eje 3: Procesos de enseñanza y aprendizaje con TIC**

#### **Sub eje: Incorporación de las TIC en la enseñanza disciplinar**

#### **(Sociales, Naturales, Exactas y Artes).**

### **Resumen**

Este trabajo presenta algunos desarrollos realizados por el grupo de Sistemas Tutores Inteligentes del Departamento de Computación de la FCEFN de la UNC aplicados a la enseñanza del lenguaje de programación Python en la materia de Informática que se dicta para las carreras de Ingeniería. Como parte del proyecto SECyT 2012-2013 se desarrolló un Libro de Moodle con el objeto de interactuar en lenguaje natural con un Tutor Inteligente capaz de guiar al estudiante en el material de estudio basado en el texto de estudio. Dado que la comprensión es el eje del aprendizaje de nuevos modelos mentales, se desarrollaron Redes Conceptuales para las diferentes unidades pedagógicas, concibiendo a las mismas como gráficos de un conjunto de proposiciones que acercara el conocimiento científico formal necesario para comprender un lenguaje informático con el lenguaje cotidiano de sentido común a las que se les han incorporado recursos accesibles desde los gráficos basados en simulaciones dinámicas de la ejecución de algoritmos en Python, mediante la herramienta virtual en línea OLTP. Dada la necesidad del proyecto de evaluar el aspecto de conocimientos procedimentales de la programación se adoptó el sistema ASPIRE basado en ontologías cuya construcción es semánticamente equivalente a las Redes Conceptuales y en ese sentido se desarrolló el sistema CMapToAspire, ya publicado, que permite hacer la traducción de la representación del conocimiento de CMapsTools a la de ASPIRE. Si bien se alcanzaron los objetivos propuestos, al no poderse incorporar automáticamente en ASPIRE las Redes Conceptuales desarrolladas en CMaps y considerando que actualmente las ontologías sirven de base a la Web Semántica mediante el lenguaje OWL y pueden compartirse libremente como base para nuevas descripciones de conceptos, se adoptó

el criterio de explicar algunas unidades pedagógicas mediante ontologías formales, basadas en la Lógica Descriptiva, utilizando la herramienta COE-CMaps y su herramienta de exportación directa en lenguaje OWL. Este resultado también puede utilizarse en herramientas de edición de ontologías como Protegé que incorporan módulos de razonamiento de Inteligencia Artificial y que permiten poner a prueba su solidez y consistencia lógica, habiéndose realizado algunas pruebas. Estas descripciones formales graficadas serán puestas a prueba para la comprensión de estudiantes del curso de Informática segundo cuatrimestre 2015 con el objeto de determinar la capacidad de producir el cambio de los Modelos Mentales de sentido común, en otros de conocimiento científico que por la propia naturaleza de los lenguajes de programación son estrictamente formales y éste ha sido uno de los déficits detectados en investigaciones previas al proyecto a escala internacional.

## **Palabras Clave**

Sistemas Tutores Inteligentes, Redes conceptuales, OLTP, Ontologías, Lógicas Descriptivas, OWL

## **Introducción**

En las publicaciones referidas a la enseñanza de la programación de computadoras mediante lenguajes informáticos (Dehnadi y Bornat, 2006) se repite la dificultad de transmitir conocimientos formales mediante argumentos enunciados en lenguajes naturales, ya que son receptados por estudiantes desde el sentido común, dada la falta de conocimientos de lógica. Para la búsqueda de las causas explicativas se ha recurrido a la comprensión desde la psicología (Murnane, 1993) y desde Chomsky respecto de los lenguajes naturales y a Piaget desde la construcción de conocimientos. La psicología cognitiva (Johnson-Laird, 2005) ha aportado la Teoría de Modelos Mentales, aplicada al razonamiento mediante proposiciones e inferencias ilusorias que por cierto no siguen las reglas de la lógica formal. En (Bartó y Weber, 2008) se realizó un análisis retrospectivo de la problemática citados en publicaciones de la ACM (Association for Computing Machinery) hasta 1975 se llegaba a resultados y conclusiones provisorios respecto de dos factores determinantes del desempeño: la ausencia de modelos mentales de acuerdo a las reglas del razonamiento en lógica y que el encadenamiento de temas vinculados conducen al sistemático desgranamiento de las cohortes quedando también en claro que las consideraciones de los estadios de desarrollo piagetanos son solo necesarias y no suficientes ya que ignoran que la inteligencia no solo requiere del pensamiento racional sino también del conocimiento.

Con el objeto de generar evaluaciones de los estudiantes que reflejaran sus Modelos Mentales (Bartó y Díaz, 2012) presentaron un proyecto a SECyT-UNC destinado a la aplicación de Tutores Inteligentes, cuyos objetivos específicos son:

1. Detectar modelos mentales entre los estudiantes de los cursos de programación.
2. Desarrollar modelos conceptuales para los Sistemas Tutores Inteligentes.
3. Implementar los Sistemas Tutores Inteligentes y evaluar su impacto en el rendimiento.
4. Desarrollar, implementar y evaluar actividades prácticas basadas en robots.
5. Evaluar la interacción entre las dos estrategias.
6. Formar Recursos Humanos para facilitar la incorporación de STI en otros cursos.

Habiéndose publicado numerosos resultados del cumplimiento de los mismos como puede reflejarse en (Díaz y otros, 2012), (Díaz, Marangunic y Bartó, 2013) y (Algorry, Bartó y Díaz, 2013), el segundo punto de los objetivos específicos no ha sido ni justificado ni publicado previamente. y podría decirse algo similar del proceso de adquisición de los Modelos Mentales de los estudiantes en las Evaluaciones Conceptuales.

Como consecuencia de la dificultad de traducir automáticamente las Redes Conceptuales en Ontologías, se presentan nuevas Ontologías desarrolladas con CMap-COE y verificadas con Protegé en un soporte del lenguaje OWL.

## **Modelos mentales, oraciones e inferencias ilusorias**

Con posterioridad a la postulación de la inevitabilidad del fracaso en la programación (Bornat, 2014) se retracta de las conclusiones publicadas en (Dehnadi y Bornat, 2006) aceptando que la tasa de falla en el aprendizaje de la programación ha sido poco investigada y son controversiales los resultados. Además se ha señalado erróneamente que los estudiantes con buenas performances coinciden con aquellos en poder de Modelos Mentales cuando el problema es la posesión de Modelos Mentales erróneos a partir de la Teoría de Modelos Mentales.

Del estudio conceptual y estadístico de los numerosos modelos mentales erróneos puestos de manifiesto en (Bartó y otros, 2013) se pudieron reelaborar los cuestionarios en varios sentidos al descubrirse que los algoritmos vinculados a operaciones con textos permiten generar innumerables Modelos Mentales Erróneos que son explorados exhaustivamente por los estudiantes, dando lugar a una dispersión de resultados sin un significado especial respecto de las conductas pero si respecto de la calidad de los enunciados y la evidente falta de conocimientos mínimos adquiridos en el proceso.

Otro aspecto que se hizo evidente fue la necesidad de acotar a un solo Modelo Mental el



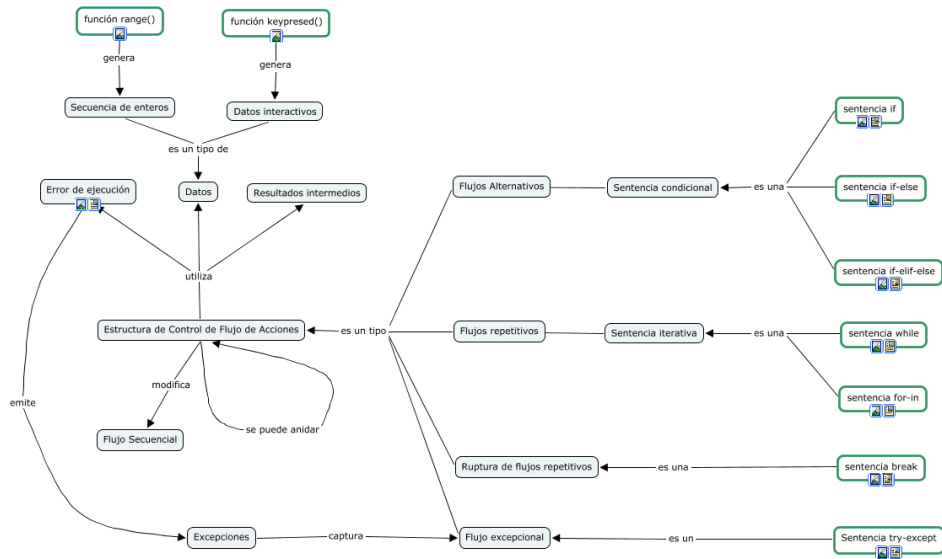


Figura 2. Red Conceptual de Instrucciones de control

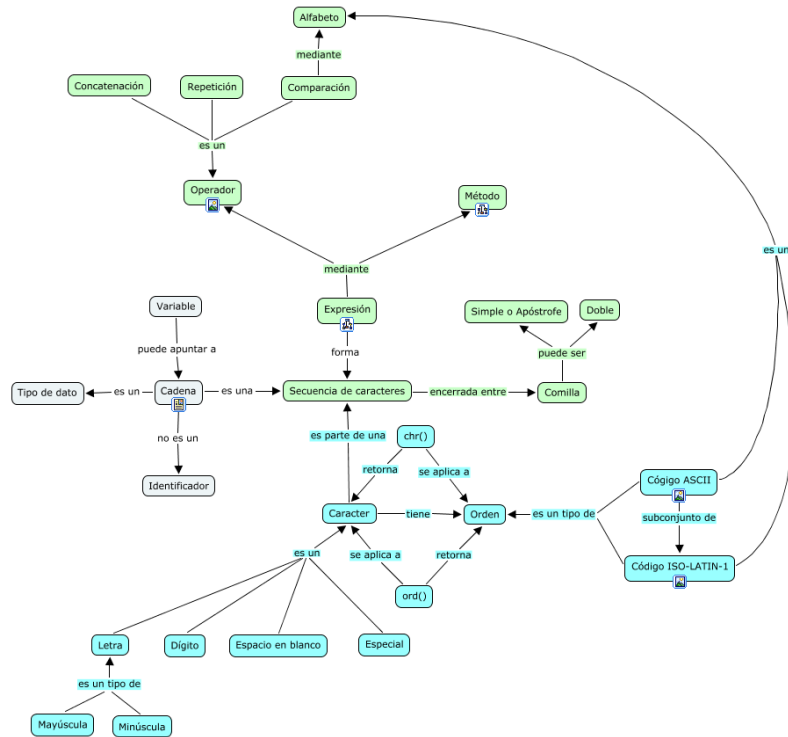


Figura 3. Red Conceptual de Datos y expresiones de tipo cadena

conceptual del discurso. *La organización conceptual de la estructura cognitiva se expresaría como un Red Conceptual donde cada nodo es un concepto y cada enlace entre nodos contiene un verbo que configura una oración nuclear entre pares de nodos consecutivos.*

Del total de 19 Redes correspondientes a las Unidades Pedagógicas 1 a 4 se incorporan las vinculadas a los datos numéricos en Fig. 1, al control de flujo en Fig. 2 y a las cadenas en Fig. 3.

Algunos conceptos se han enriquecido mediante simulaciones de la ejecución de ejemplos en lenguaje Python mediante OnLine Python Tutor, enlaces a otras Redes Conceptuales e imágenes

## **La base formal de las Lógicas Descriptivas en las Ontologías y su construcción mediante Templates de CMapsTools-COE**

Si bien no es habitual la consideración de metodologías provenientes de la Inteligencia Artificial, el rol docente es similar al del Experto en el Conocimiento y al del Ingeniero del Conocimiento en dos de las etapas del desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento: la Conceptualización y la Formalización (García Martínez y Britos, 2004), que identifica dos tipos de actividades:

- *Modelo Conceptual*, que determina la *validez* del sistema, es decir, si es correcto y se ajusta fielmente a las necesidades del usuario. Permite formar un mapa mental del dominio.
- *Modelo Formal*, determina la *corrección*, o si el software se construye sin errores, se expresa los conocimientos mediante diversos tipos de *formalismos de representación del conocimiento*:
  - Basados en *conceptos*, usándose el formalismo de *Marcos*.
  - Basados en *relaciones* entre conceptos del dominio como en las Redes Semánticas.
  - Basados en *acciones* cuyo formalismo son las *Reglas de Producción*.

Se puede acceder a una amplia descripción de las Lógicas Descriptivas (LD) en (Baader, McGuinness y Nardi eds, 2003) que están relacionadas con las Redes Semánticas y los Marcos y se las considera como el núcleo de los sistemas de representación actuales, considerando tanto la estructura de la base de conocimientos como sus servicios asociados de razonamiento. Debido a sus orígenes más centrados en el uso humano, los sistemas basados en redes fueron considerados más adecuados y efectivos desde un punto de vista práctico, sin embargo no resultaron completamente satisfactorios por su usual falta de una *caracterización semántica* precisa.

Para una versión inicial de las Lógicas Descriptivas se referencia a (Krötzsch y otros, 2013) y su relación con el lenguaje OWL de las Ontologías para la Web.

La posibilidad de usar una herramienta como CmapTools para describir modelos conceptuales

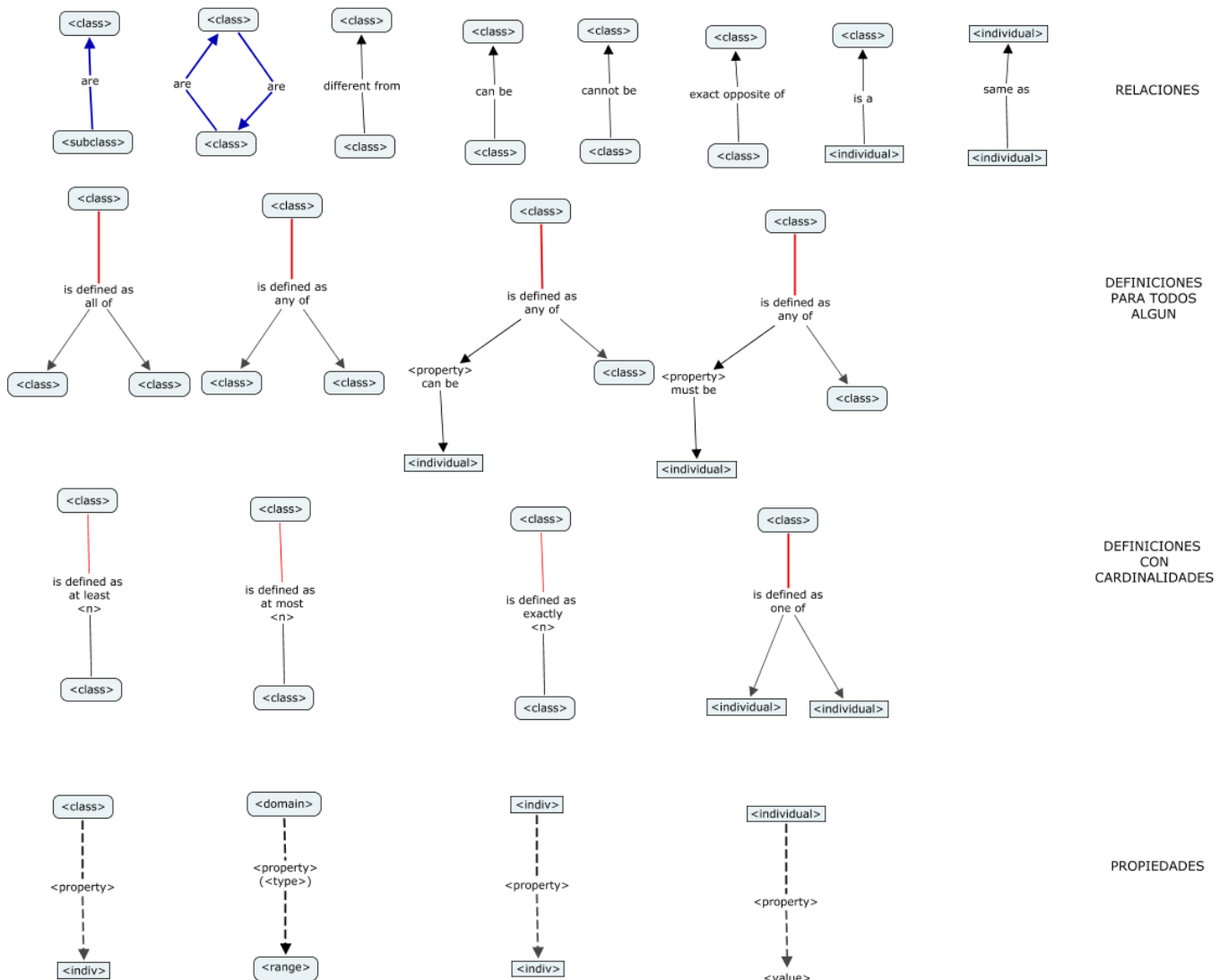


Figura 4 Plantillas (Templates) exportables a OWL de Ontologías en CMAPS-COE

soportados en gráficos que representan proposiciones lógicas es suficientemente cercano al lenguaje natural como para requerir una formación especial en lógica pero el uso directo de las Lógicas Descriptivas no solo requiere una sólida formación en lógica sino metodológica en términos de adquisición y formalización del conocimiento.

Esta necesidad de agregar información formal a las *redes de proposiciones* fue puesto de manifiesto en el trabajo ya citado (Algorry, Bartó y Díaz, 2013) donde aparece la necesidad de agregarle anotaciones textuales para que el traductor pueda interpretar el significado en términos de las LD, para finalmente poder visualizar una ontología transportable a ASPIRE. En éste trabajo se ha usado CMAPS-COE, por lo que se analizó la posibilidad directa de exportar la red de proposiciones a OWL pero el resultado analizado con Protegé, si bien correcto solo registra clases o conceptos



aislados. De manera similar a las anotaciones sobre relaciones, definiciones y propiedades, pero describiendo directamente una ontología en CMaps en la Fig. 4 se describen algunas Plantillas de CMap-COE que describen los axiomas de las LD mediante gráficos rotulados y coloreados de clases e individuos. Se dispone de relaciones entre clases o conceptos, definiciones de clases con diferentes restricciones y propiedades de las clases. Las relaciones siguen el lenguaje OWL en inglés.

## **Vinculación de la Redes Conceptuales y las Ontologías en Python**

La necesidad de formalización de los Mapas o Redes Conceptuales y su publicación digital en la Web Semántica es analizada en (Eskridge y otros, 2006) donde se describen las ventajas en el uso de CmapTools Ontology Editor (COE) ya que provee un método específico para capturar el significado entre los mundos humano de los Mapas Conceptuales y las herramientas de software orientadas a las inferencias formales.

En (Eskridge y Hoffmann, 2012) se describe un proceso de formalización desde una descripción basada en Redes Conceptuales hacia una Ontología basada en LD. Similarmente se han realizado procesos de transformación desde Redes de Proposiciones a Ontologías mediante COE

En Fig. 5 se describe una ontología de Datos Escalares y Estructurados que sirven de base o entrada vía links a otras ontologías y por lo tanto prácticamente se describen la estructura de herencia o subsunción de clases y las tres definiciones concretas de Cadena, Lista y Matriz.

La Ontología de Listas de muestran en las Fig. 6. Un aspecto que puede agregarse en Cmaps y en las Ontologías se refiere al conocimiento procedimental como simulaciones de Python mediante On-Line Python Tutor que permiten visualizar la ejecución del código en forma gráfica como en la Fig.7 . En la Fig.8 puede verse en el Graph-Viz de Protegé la descripción de las relaciones taxonómicas de la ontología de Listas (TBox). También se puede disponer de un gráfico donde se describen las propiedades de las clases. La documentación completa de Protegé da cuenta de la Ontología desarrollada en COE y permite el razonamiento, según la máquina de inferencia que se utilice, de un problema concreto pero con la hipótesis del mundo abierto y limitados a LD decidibles.



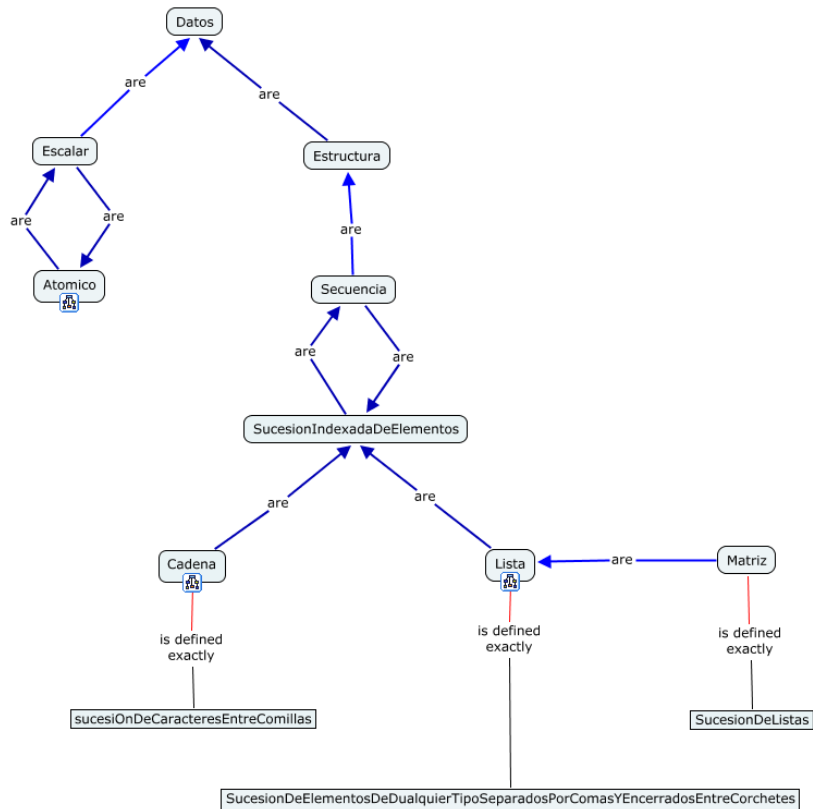


Figura 5 Ontología general de Datos Escalares y Estructurados en Secuencias

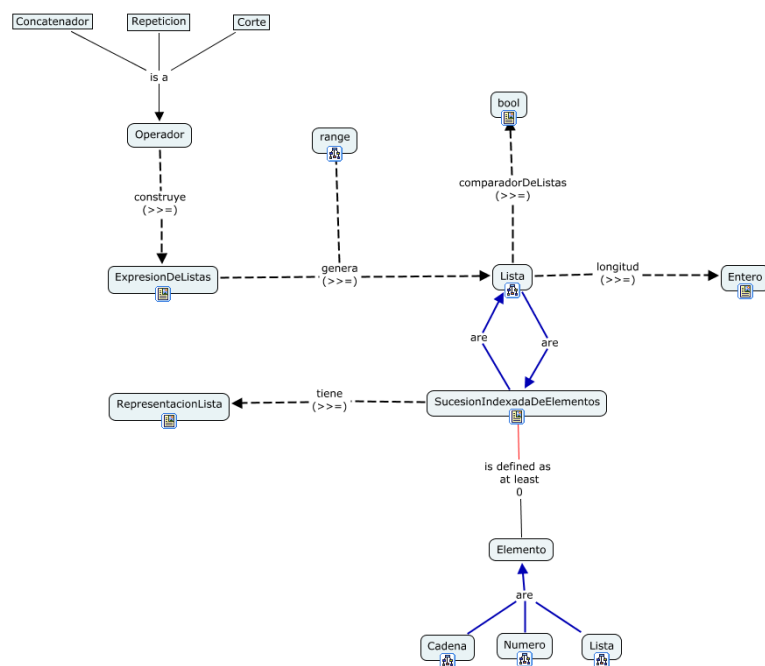


Figura 6 Ontología de Listas

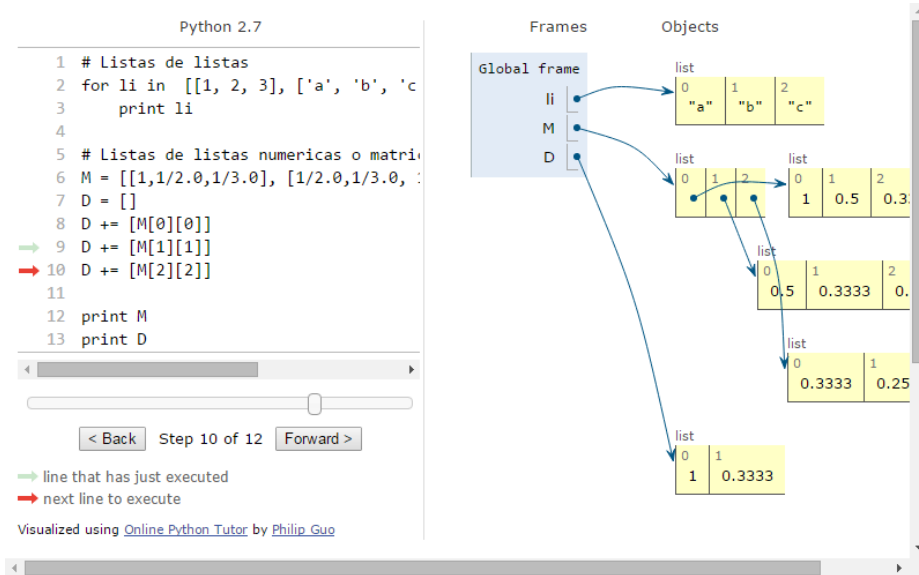


Figura 7 Simulación en OLPT de la ejecución de expresiones de Listas

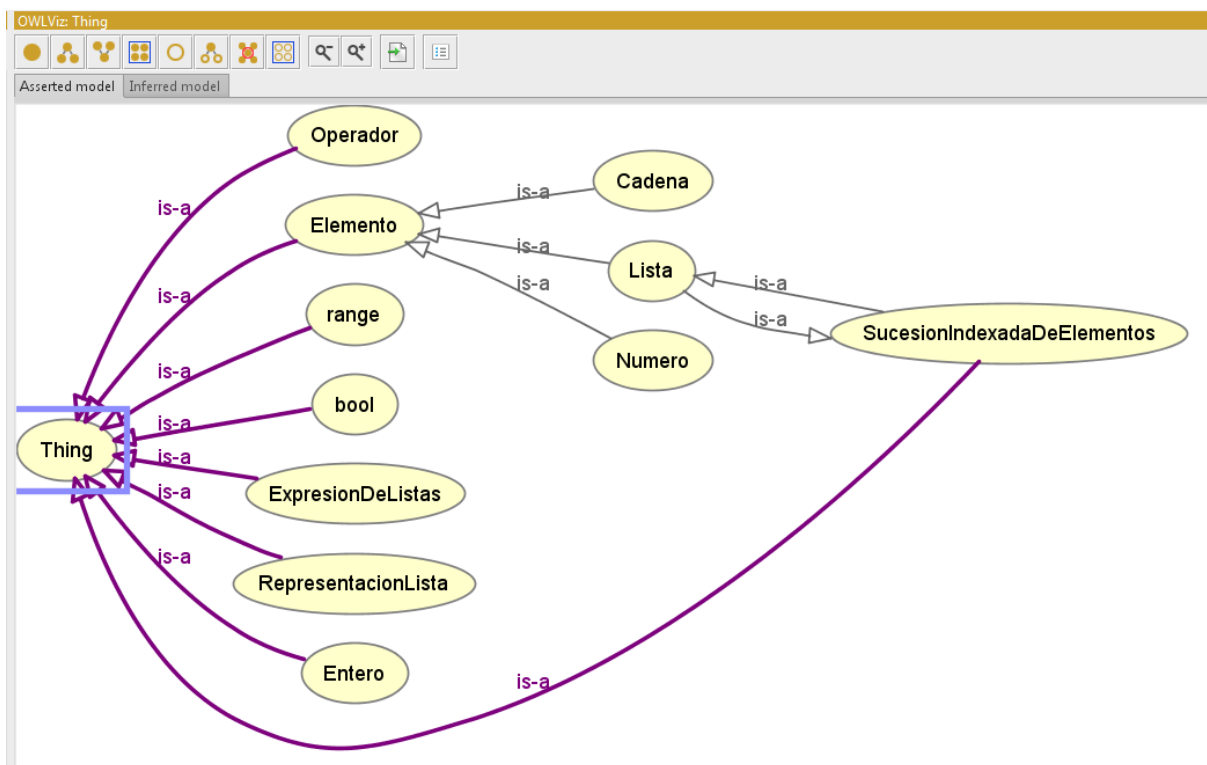


Figura 8 Ontología de Listas con relaciones *is-a* en Protegé

## Conclusiones

Una ventaja del procedimiento descrito es que se utilizan las mejores capacidades de humanos y máquinas, por un lado la capacidad humana de expresar conocimientos mediante lenguajes naturales y el sentido común para la comunicación y por ende la enseñanza y el aprendizaje y por otro la exigencia de formalidad propia de los sistemas informáticos permite la elaboración formal de los conceptos para su publicación digital en la Web Semántica mediante OWL, que es un lenguaje formal en XML basado en las Lógicas Descriptivas. De la experiencia recogida en éste proyecto el aprendizaje de las Plantillas de Cmap-COE y su vinculación con las Lógicas Descriptivas tiene una curva de aprendizaje no superior al necesario en Planillas de Cálculo o sistemas de Dibujo, obteniéndose a cambio la posibilidad de poner a prueba mediante procedimientos deductivos la consistencia de los conocimientos y capacidad de analizar problemas mediante el paradigma lógico del razonamiento formal.

Si bien están disponibles Redes y Ontologías en el Aula Virtual de Moodle de la cátedra de Informática de la FCEFYN de la UNC en formato de *Libro* acompañando al texto y su distribución en forma de tutorial, dado que aún no se ha completado su desarrollo, no se han realizado una evaluación de su desempeño respecto de los aprendizajes.

## Bibliografía

- Aplicada a la Enseñanza de la Programación*. ACTAS de las I Jornadas Nacionales, III Jornadas de la UNC: Experiencias e Investigación en Educación a Distancia y Tecnología Educativa. 14 y 15 de marzo 2013. E-Book.ISBN 978-950-33-1079-3-2014
- Baader, Franz; McGuiness, Deborah y Nardi, Daniele (2003): *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, and Applications*. Cambridge University Press. New York, NY, USA © 2003 ISBN:0-521-78176-0
- Bartó, Carlos A. y Díaz, Laura (2012): *Proyecto: Sistemas Inteligentes Aplicados a la Enseñanza de la Programación en Ingeniería*. WICC-2012, pag. 1051, Workshop de Investigadores en Ciencia de la Computación. Posadas, 2012
- Bartó, Carlos A. y Díaz, Laura (2013): *Proyecto: Sistemas Inteligentes Aplicados a la Enseñanza de la Programación en Ingeniería*. ACTAS de las I Jornadas Nacionales, III Jornadas de la UNC: Experiencias e Investigación en Educación a Distancia y Tecnología Educativa. 14 y 15 de marzo 2013. E-Book.ISBN 978-950-33-1079-3-2014

- Bartó, Carlos A. y Weber, Francisco (2008): *El déficit de formación lógico-formal como factor de riesgo en el desempeño en Informática*. Latin American and Caribbean Journal Of Engineering Education, Vol. 2(1), 2008.
- Bornat, Richard (2014): *Camels and Humps: a Retraction*. Middle Essex University, UK. July 2014.
- Dehnadi, Saeed y Bornat, Richard (2006): *The camel has two humps*. School of Computing, Middlesex University, UK. Feb. 2006.
- Díaz, L.; ALgorry, A.; Eschoyez, M.; Marangunic, R.; y Bartó, Carlos (2013): *Acciones hacia la Aplicación de Sistemas Inteligentes en la Enseñanza de Informática*. ARGENCON-IEEE-2012, UNC-Córdoba. Revista IEEE-America Latina. Volume: 11, Issue: 1, Date: Feb. 2013. pag. 234.
- Díaz, L.; Marangunic, R.; y Bartó, Carlos (2013): *Hacia la Detección de los Modelos Mentales de los Estudiantes de Programación*. ACTAS de las I Jornadas Nacionales, III Jornadas de la UNC: Experiencias e Investigación en Educación a Distancia y Tecnología Educativa. 14 y 15 de marzo 2013. E-Book. ISBN 978-950-33-1079-3-2014
- Eskridge, T.; Hayes, P. y Hoffmann, R. (2006): *Formalizing the Informal: A Confluence of Concept Mapping and the Semantic Web*. Proc. of the Second Int. Conference on Concept mapping. Costa Rica 2006.
- Eskridge, T. y Hoffmann, R. (2012): *Ontology Creation as a Sensemaking Activity*. IEEE Intelligent Systems. 2012.
- Galagovsky Kurman, Lydia R. (1996): *Redes Conceptuales. Aprendizaje, Comunicación y Memoria*. © 1996 Lugar Editorial S.A. ISBN: 950-892-022-X
- García Martínez, Ramón y Britos Paola V. (2004): *Ingeniería de Sistemas Expertos*. 2004 Nueva Librería, Bs As.
- Johnson-Laird, P. N. (2005): *Mental models, sentential reasoning, and illusory inferences*. Mental models in Cognitive Psychology, Neuroscience, and Philosophy of Mind. Carsten Held, Mares Knauff, Gottfried Vosgerau. (c) 2005 Elsevier B. V.
- Krötzsch, Markus, Simaneik, Frantisek y Horrocks, Ian (2013): *A description Logic Primer*. Department of Computer Science, University of Oxford, UK. 2013.
- Mitrovic, A.; Martin, B.; Suraweera, P.; Milik, N.; Holland, J. y Zakharov, K. (2007): *ASPIRE User Manual*. Intelligent Computer Tutoring Group University of Canterbury Christchurch, NZ 2007
- Murnane, J (1993): *The psychology of computer languages for introductory programming courses*. New Ideas in Psychology. 11(2):213–228, 1993.