

## Modelo del estudiante para sistemas de aprendizaje ubicuo: representación por medio de ontologías

**Gabriela González, Elena B. Durán.**

Departamento de Informática, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías (FCEyT)  
Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE)  
{ggonzalez, eduran}@unse.edu.ar

### Resumen

El aprendizaje ubicuo (u-learning) representa un nuevo paradigma educativo, que consiste en la utilización de dispositivos de computación embebidos e invisibles en la vida cotidiana, para favorecer el proceso de aprendizaje. Con la incorporación de técnicas de personalización en un sistema de u-learning se logra ofrecer no sólo un aprendizaje independiente del tiempo y lugar, sino adaptable y personalizado en función de las necesidades particulares de cada estudiante.

Las ontologías permiten representar el conocimiento de un dominio de manera formal, explícita y compartible. El modelo del estudiante, medio fundamental para las tareas de personalización del sistema, está compuesto por información factible de ser modelada a través de las mismas.

En el presente artículo se plantea una ontología genérica del perfil del estudiante para representar sus características personales y contexto, en cuanto estas resulten útiles para la personalización de contenidos y servicios en los sistemas de u-learning.

**Palabras clave:** modelo del estudiante; ontología; aprendizaje ubicuo; personalización.

### 1. Introducción

Luego de unos años del auge del e-learning, y gracias a la disminución en el costo de los dispositivos móviles y a la expansión de las redes de comunicaciones, las investigaciones dentro del área del aprendizaje adaptativo

comenzaron a concentrarse en el aprendizaje móvil (m-learning) y, más recientemente, en el aprendizaje ubicuo (Hwang *et al.*, 2008).

El aprendizaje móvil permite a los estudiantes aprender en cualquier lugar y momento, haciendo uso de tecnologías móviles y conexiones de internet inalámbricas (Yau & Joy, 2006).

El aprendizaje ubicuo, desprendido del concepto de computación ubicua, va un paso más allá del m-learning, al incorporar consciencia de contexto.

En un entorno de aprendizaje ubicuo, los diferentes dispositivos que conforman el ambiente se comunican a través de redes cableadas o inalámbricas, siendo capaces de proporcionar al estudiante, la información correcta en el momento adecuado y de la manera correcta, de modo de potenciar el proceso de aprendizaje.

La aplicación de técnicas de personalización en los sistemas de u-learning permite adaptar la experiencia de aprendizaje de los alumnos que lo utilizan. Teniendo en cuenta tanto sus características personales como el entorno que los rodea, el sistema es capaz de discernir la mejor forma de proveer los contenidos de aprendizaje y servicios de la aplicación en el momento y lugar indicados.

Este proceso de personalización es complejo porque las características de los estudiantes que se deben tener en cuenta al momento de la adaptación, no son estáticas, sino que por el contrario, cambian continuamente en el tiempo, pudiendo contener diferentes valores

en una misma sesión de aprendizaje (Devedžic, 2006).

Uno de los componentes centrales para llevar a cabo la personalización es el modelo del estudiante, a través del cual el sistema es capaz de individualizar a cada alumno y establecer un plan personalizado de aprendizaje adaptado a sus requerimientos.

En esta clase de sistemas, la precisión en el modelado de las características del usuario define, en gran medida, la efectividad total del sistema. Una interpretación incorrecta de las necesidades del usuario conlleva a decisiones adaptativas erróneas, que pueden resultar en frustración, desconfianza, disminución de motivación para usar el sistema, etc., por parte del estudiante. Es por esto que, la representación adecuada del conocimiento acerca del usuario y la utilización de la misma para proporcionar una adaptación coherente y con significado son factores cruciales para el éxito de un sistema de u-learning adaptativo.

En el presente artículo se plantea un modelo genérico del perfil del estudiante, basado en ontologías, para representar sus características personales y contexto, en cuanto estas resulten útiles para la personalización de contenidos y servicios en los sistemas de u-learning.

En la primera sección se describen los principales conceptos teóricos relacionados con las ontologías. Luego, en la sección 2 se presentan las investigaciones relevantes realizadas en el área de conocimiento de este trabajo y en la sección 3 se describe la ontología del modelo del estudiante propuesta. Finalmente, en la última sección, se presentan las conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado y se delimitan las líneas de investigación futuras.

## 2. Ontologías

Las ontologías se constituyeron en un área de investigación relevante dentro de las Ciencias de la Computación a partir de la década del 90,

en especial luego de que las mismas se presentasen como uno de los componentes clave de la Web Semántica (Berners-Lee *et al.*, 2001).

De acuerdo a Gómez-Pérez *et al.* (2004), “Una ontología define los términos y relaciones básicos que comprenden el vocabulario de un área temática así como también las reglas para combinar dichos términos y las relaciones para definir extensiones a dicho vocabulario”.

Por su parte, Uschold & Grüninger (1996) definen a una ontología como “una comprensión compartida de algún dominio de interés” y “un vocabulario de términos y alguna especificación de su significado”.

Estas dos últimas definiciones presentan una concepción mucho más amplia del término, diluyendo su significado. De acuerdo a Gómez-Pérez *et al.* (2004), la comunidad ontológica realiza una distinción entre las ontologías que representan principalmente taxonomías, de aquellas que modelan el dominio más profundamente haciendo uso de una mayor variedad de restricciones semánticas.

Por un lado, se encuentran las ontologías ligeras (lightweight) que incluyen conceptos, taxonomías de conceptos, relaciones entre conceptos y propiedades para describirlos; y por el otro, están las ontologías complejas o de peso (heavyweight) que incluyen además de las entidades anteriores, axiomas y restricciones. Estos últimos se encargan de clarificar el significado previsto para los términos que se incluyen en la ontología.

En la figura 1 se puede observar el espectro de ontologías, desde aquellas que tienen semántica débil hasta las que poseen una semántica más formal.

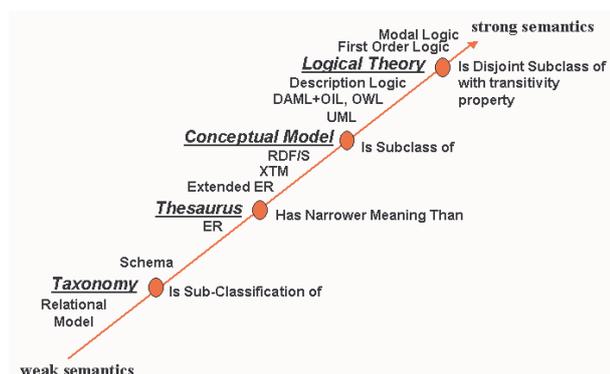


Figura 1. Espectro de ontologías (Obrst, 2003).

## 2.1. Componentes de una ontología

OWL-DL es un lenguaje cuyo objetivo es proveer un medio para publicar e intercambiar ontologías en la Web, creado por el Grupo de Trabajo de Ontologías Web (WebOnt) de la W3C (Gómez-Pérez *et al.*, 2004), y permite representar ontologías con el formalismo de lógica descriptiva.

Una ontología OWL-DL está formada por:

- **Individuos:** representan los objetos del dominio de interés.
- **Propiedades:** vinculan a dos individuos entre sí, o bien a un individuo con un valor literal. Hay dos tipos principales de propiedades:
  - *Propiedades de objetos:* relacionan dos individuos entre sí.
  - *Propiedades de datos:* relacionan un individuo con un valor definido a través de un tipo de datos del esquema XML, o un literal.
- **Clases:** representan agrupaciones de individuos y se organizan en una jerarquía de super y subclases, denominada Taxonomía. En OWL todas las clases son subclases de la clase Thing (cosa).

## 3. Antecedentes

En la literatura se pueden encontrar diversas investigaciones que tienen por objetivo la creación de ontologías del estudiante o del contexto para entornos de aprendizaje soportados por computadoras.

Šimún *et al.* (2007) describen un conjunto de modelos, representados mediante ontologías OWL, que forman parte de un portal educativo con capacidades de personalización. El modelo del estudiante se divide en dos partes: la parte general o independiente del dominio, que puede reusarse en distintos sistemas, y la parte específica del dominio, y se comunica con los otros dos modelos, de dominio y de adaptación, para llevar a cabo la recomendación de documentos educativos al alumno.

Hong & Cho (2008) presentan CALA, una arquitectura para ambientes de aprendizaje ubicuo capaz de proveer diferentes servicios en función del contexto. El componente central de la misma es el Módulo de Administración Sensible al Contexto, que se encarga de mapear cada nuevo contexto en un lugar semántico. Éste se representa a través de CALA-ONT, una ontología de contexto implementada con XML, RDF y OWL.

Siadaty *et al.*, (2008) introducen m-LOCO, un framework basado en ontologías cuyo propósito es la captura de información de contexto en ambientes de aprendizaje móvil. Utiliza ontologías para representar los estilos de aprendizaje, el dominio, los usuarios y los objetos de aprendizaje, proporcionando soporte para los distintos dispositivos móviles y un enfoque de aprendizaje auto-regulado con soporte para la colaboración.

Pramitasari *et al.* (2009) exponen una ontología del modelo del estudiante para personalización en sistemas de e-Learning. Los componentes centrales de la misma son el rendimiento del estudiante y el estilo de aprendizaje del mismo, de acuerdo al modelo de Felder-Silverman (Felder & Silverman, 1988). La ontología está codificada en OWL y se implementó en un portal semántico usando la herramienta PortalCore.

Panagiotopoulos *et al.* (2012) proponen una ontología del modelo del estudiante para sistemas tutoriales inteligentes de educación a

distancia. El modelo representa las características consideradas relevantes para el proceso de adaptación de un estudiante adulto. Las mismas son una combinación de las categorías de información propuestas por dos estándares relacionados con el modelado del estudiante y los resultados de un estudio empírico sobre un grupo de alumnos de la Universidad Helénica Abierta.

Jovanović *et al.* (2009) proponen TANGRAM, un entorno de aprendizaje web basado en ontologías. El mismo está formado por distintos modelos, todos representados mediante ontologías, de los cuales el modelo de usuario representa información tanto de autores de contenido como de estudiantes. Con respecto a los estudiantes, TANGRAM almacena su rendimiento en el curso y su estilo de aprendizaje. Además, se tienen en cuenta preferencias, como el idioma, para todos los tipos de usuarios.

Todos los trabajos revisados se caracterizan por modelar tan sólo las características del estudiante o bien de su contexto, pero no combinan ambos dominios en una misma ontología.

En el presente trabajo se propone una ontología genérica en donde se integran las características personales de los estudiantes con las del contexto de los entornos de aprendizaje ubicuo, que pueda ser utilizada en múltiples sistemas de la misma clase.

#### 4. Modelo del estudiante propuesto

Un estudiante ubicuo se identifica no sólo por sus características personales sino también por el entorno en el que se encuentra inserto. Es decir que la información independiente del dominio se divide en características personales y características del contexto. Además, se debe incluir información dependiente del dominio referida al nivel de conocimiento y al progreso en el curso.

#### 4.1. Clases de la ontología

Las categorías de información más generales incluidas en el modelo propuesto constituyen las clases base de la ontología, las cuales a su vez se dividen en subclases que representan conceptos más específicos.

Las clases base de la ontología son *Estudiante*, *RendimientoCurso*, *ConocimientoActual*, *DatosPersonales* y *DatosContexto*.

La clase *Estudiante* agrupa a todas las instancias individuales de estudiantes que hacen uso del sistema de u-learning.

La clase *RendimientoCurso* contiene la información que describe el avance del alumno en el curso que toma en el sistema de u-learning.

La clase *ConocimientoActual* está compuesta por el conjunto de conceptos que el alumno ya ha aprendido como parte de su cursada, siendo el mismo un subconjunto de la ontología de dominio del sistema.

La clase *DatosPersonales* agrupa las categorías de información que se refieren a las características personales del estudiante, y que influyen de alguna forma el aprendizaje del material de estudio. Sus subclases son:

*Identificación*, contiene información estática sobre el estudiante, tal como: nombre, ID, fecha de nacimiento, sexo, dirección, teléfono, e-mail, etc. Esta es la única clase del modelo que no interviene en la personalización sino que resulta útil con fines administrativos.

*Estilo de aprendizaje*, representa el modo de aprender del alumno de acuerdo al modelo propuesto por Felder & Silverman, donde cada estilo se define a través de una combinación de preferencias en cuatro dimensiones. Cada dimensión representa una característica del alumno y las preferencias representan los dos valores que puede tomar la misma (Felder & Silverman, 1988).

*Habilidad*, representa distintas destrezas cognitivas del alumno, más específicamente

las propuestas por Graf *et al.* (2009) y Roll *et al.* (2005): autoevaluación, búsqueda de ayuda, pensamiento crítico, razonamiento científico y resolución de problemas. Cada una de estas habilidades constituye una subclase de la clase *Habilidad*.

La clase *DatosContexto* reúne la información que caracteriza al entorno donde se encuentra inserto el estudiante. Sus subclases son:

*Ubicación*, representa el lugar donde se encuentra ubicado el estudiante y desde donde accede al sistema para realizar las distintas tareas. Una ubicación se clasifica en de interior o de exterior, dependiendo de si pertenece o no al campus académico, respectivamente, lo cual se representa a través de las subclases *UbicaciónInterior* y *UbicaciónExterior*. A su vez, *UbicaciónInterior* se subdivide en *Aula*, *Box* o *Laboratorio*.

*Actividad*, representa una actividad realizada por el estudiante. Por actividad se debe entender alguna acción general que el mismo puede llevar a cabo en algún escenario educativo, por ejemplo, estudiar, participar de una reunión de grupo, rendir un examen, etc. No debe confundirse con actividad pedagógica, como ser un ejercicio del curso o una evaluación. Una actividad se subdivide en *ActividadFormal* y *ActividadInformal*, para designar a las actividades que se asocian con actividades oficiales de la institución educativa, y a aquellas actividades que pueden ser iniciadas por el alumno, respectivamente. “clases” y “evaluaciones” son ejemplos del primer tipo de actividad, mientras que “participar de una reunión de grupo” o “descansar en el patio” son ejemplos del segundo tipo de actividad.

*Entidad Computacional*, representa los distintos artefactos de hardware y software que forman parte del entorno del alumno. Esta clase está formada por cinco subclases: *Impresora*, *PC*, *Proyector*, *Smartphone* y *Tablet*.

La jerarquía completa de clases se puede observar en la figura 2.

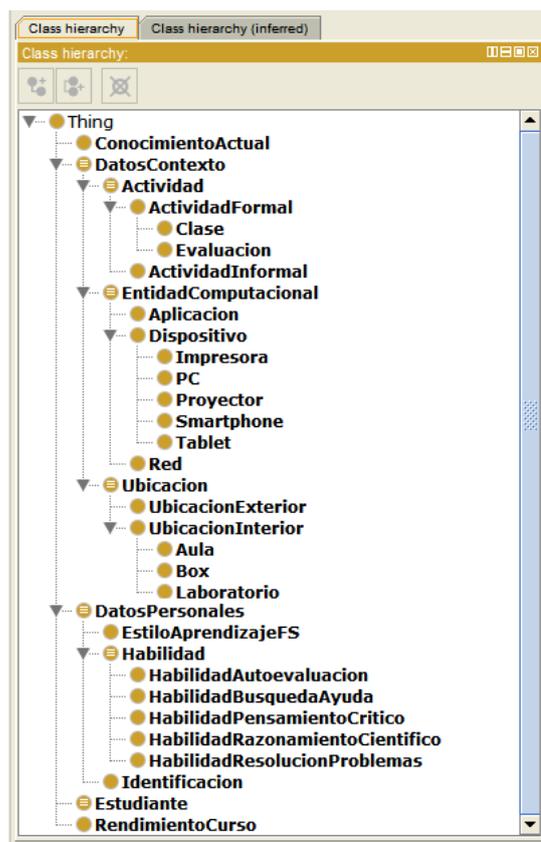


Figura 2. Jerarquía de clases de la ontología.

## 4.2. Propiedades de la ontología

Las relaciones entre conceptos de la ontología se expresan a través de propiedades de objetos, las cuales tienen además diferentes características o axiomas que completan su definición.

Por ejemplo, la propiedad *participaDe* representa la relación entre un Alumno y una Actividad y se usa para representar que un estudiante se encuentra realizando una determinada actividad en un momento dado.

Dado que se considera que un alumno no puede estar realizando más de una actividad a la vez, se necesita indicar esta característica a través de la propiedad funcional. También se debe especificar el dominio, rango y propiedad inversa, si existen.

Siguiendo el mismo procedimiento se definieron las demás propiedades de objetos de la ontología, quedando la jerarquía completa como se observa en la figura 3.

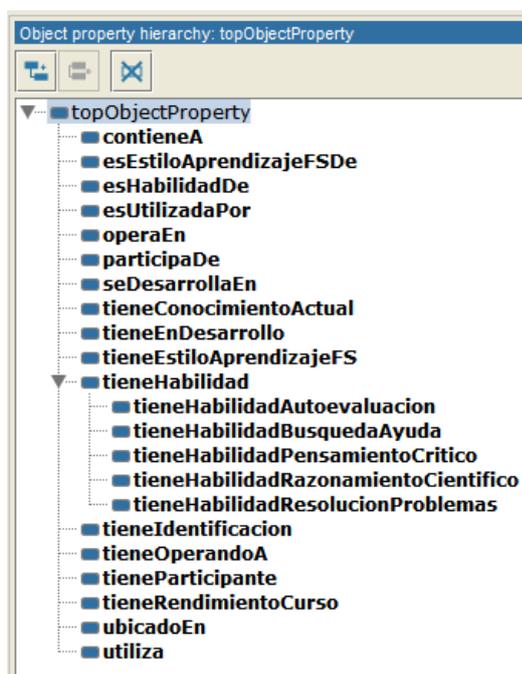


Figura 3. Jerarquía de propiedades de objetos de la ontología.



Figura 4. Jerarquía de propiedades de datos de la ontología.

Para representar atributos se utilizan las propiedades de datos, que vinculan a una clase de la ontología con un conjunto de valores literales o con un tipo de datos.

Por ejemplo, “nombre” es una propiedad de datos que representa el nombre completo de un estudiante por lo cual tiene como dominio la clase *Estudiante* y como rango el tipo de datos “string”. Adicionalmente, como un estudiante puede tener un único nombre se define esta propiedad como funcional.

Del mismo modo, se definen las propiedades de datos restantes, y la jerarquía resultante se muestra en la figura 4.

Finalmente, se definen las condiciones necesarias y suficientes de las clases que correspondan para expresar las demás relaciones.

A modo de ejemplo, se incluyen en la tabla 1, las condiciones necesarias y suficientes de la clase *Habilidad*.

Clase: Habilidad	
Condiciones necesarias	<i>nivelHabilidad exactly 1</i>
Condiciones suficientes	<i>HabilidadAutoevaluacion or HabilidadBusquedaAyuda or HabilidadPensamientoCritico or HabilidadRazonamientoCientifico or HabilidadResolucionProblemas</i>

Tabla 1. Condiciones necesarias y suficientes de la clase Habilidad.

*Habilidad* posee como condición necesaria *nivelHabilidad exactly 1*, es decir que, si algo es una *Habilidad* entonces necesariamente debe estar asociado a un y sólo un *nivelHabilidad*. *nivelHabilidad* es una propiedad de datos que relaciona una *Habilidad* con un valor del conjunto {*Alto*, *Medio*, *Bajo*} y representa el nivel que posee el alumno en dicha destreza.

Por otra parte, las condiciones suficientes de *Habilidad* son *HabilidadAutoevaluacion or HabilidadBusquedaAyuda or HabilidadPensamientoCritico or HabilidadRazonamientoCientifico*

*HabilidadResolucionProblemas*. Es decir que, una habilidad debe ser si o si una *HabilidadAutoevaluacion* o una *HabilidadBusquedaAyuda* o una *HabilidadPensamientoCritico* o una *HabilidadRazonamientoCientifico* o una *HabilidadResolucionProblemas*, no pudiendo ser de ningún otro tipo.

## 5. Conclusiones

A partir de la realización del presente trabajo se pudo comprobar que es factible representar el modelo del estudiante a través de una ontología, ya que los mecanismos de representación que las mismas proveen resultan suficientes para modelar los distintos aspectos del estudiante y de su entorno.

Las líneas de trabajo futuras incluyen la implementación de la ontología y su evaluación en aplicaciones de aprendizaje ubicuo; extensión de la ontología a un mayor nivel de detalle y la modularización de la misma para mejorar su mantenibilidad y ampliar sus posibilidades de reuso; y su integración con las ontologías del dominio y demás ontologías del sistema de aprendizaje ubicuo para definir las técnicas de personalización.

## 6. Bibliografía

- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*, 284(5), 1-5.
- Devedžic, V. (2006). Semantic web and education. *Integrated Series in Information Systems*, Vol. 12. Springer.
- Felder, R. M., & Silverman, L. K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering education*, 78(7), 674-681.
- Gómez-Pérez, A., Fernández-López, M., & Corcho, O. (2004). Ontological engineering. *Advanced Information and Knowledge Processing, 2004 XII, Vol. 139*. Heidelberg: Springer.
- Hong, M., & Cho, D. (2008). Ontology Context Model for Context-Aware Learning Service in Ubiquitous Learning Environments. *International Journal*, 2(3). 844-848.
- Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, Strategies and Research Issues of Context-Aware Ubiquitous Learning. *Educational Technology & Society*, 11 (2), 81-91.
- Jovanović, J., Gašević, D. & Devedžić, V. (2009). TANGRAM for Personalized Learning Using the Semantic Web Technologies. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*, 1(1). 6-21.
- Obrst, L. (2003, November). Ontologies for semantically interoperable systems. In Proceedings of the twelfth international conference on Information and knowledge management (pp. 366-369). ACM
- Panagiotopoulos, I., Kalou, A., Pierrakeas, C., & Kameas, A. (2012). An Ontology-Based Model for Student Representation in Intelligent Tutoring Systems for Distance Learning. In *Artificial Intelligence Applications and Innovations* (pp. 296-305). Springer Berlin Heidelberg.
- Pramitasari, L., Hidayanto, A. N., Aminah, S., Krisnadhi, A. A., & Ramadhanie, A. M. (2009). Development of student model ontology for personalization in an e-learning system based on semantic web. In *International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACISIS09)*, Indonesia, December (pp. 7-8).
- Siadaty, M., Torniai, C., Gašević, D., Jovanovic, J., Eap, T. M. & Hatala, M. (2008). m-LOCO: An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning. *Proceedings of the 6th International Workshop on Ontologies and Semantic Web for Intelligent Educational Systems at 9th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Montreal, Canada, June 2008.

- Šimún, M., Andrejko, A., & Bieliková, M. (2007, September). Ontology-based models for personalized e-learning environment. In *Proc. of 5th Int. Conf. on Emerging e-learning Technologies and Applications (ICETA'07)*.
- Ushold, M., & Gruninger, M. (1996). *Ontologies: Principles, methods and applications. The knowledge engineering review*, 11(02), 93-136.
- Yau, J. K., & Joy, M. S. (2006). Context-aware and adaptive learning schedule for mobile learning. In: *International Workshop on Mobile and Ubiquitous Learning Environments (MULE) at the International Conference on Computers in Education (ICCE 2006)*, Beijing, China.