

Comunidades Virtuales de Aprendizaje Colaborativo: de los Metadatos a la Semántica

José Ignacio Mayorga, Carlos Celorrio, Emilio Julio Lorenzo,
Javier Vélez, Beatriz Barros, María Felisa Verdejo

Universidad Nacional de Educación a Distancia

C/ Juan del Rosal, 16

Madrid, 28040

{nmayorga, emiliojulio, jvelez, bbarros, felisa}@lsi.uned.es

cceleorio@bec.uned.es

Resumen

En este artículo se presenta un sistema que permite que comunidades virtuales de aprendizaje colaborativo compartan y trabajen en torno a un cuerpo de conocimiento común a través de un Repositorio de Objetos de Aprendizaje (LOR, capaz de almacenar material generado en el proceso de aprendizaje usando diferentes herramientas.) Se dispone de una comunidad virtual de aprendizaje que proporciona un lugar de trabajo en el que los usuarios pueden colaborar para llevar a cabo las actividades de grupo, para las que se ofrece una infraestructura de interacción establecida sobre un conjunto de servicios tales como espacios de trabajo compartidos, salas de charla o foros de discusión. Los alumnos elaboran productos (resultados parciales) que se almacenan en forma de objetos de aprendizaje y articulan la colaboración mediante sucesivas modificaciones a lo largo de las actividades instruccionales. Los productos se almacenan en la forma de objetos de aprendizaje (LO), con metainformación extraída automáticamente del contexto y de las herramientas que se utilizan para manipularlos. Los metadatos se incorporan, mediante un proceso de abstracción, a una ontología que permite razonar sobre todos los elementos del sistema, en particular, sobre la información contextual, además de posibilitar búsquedas semánticas complejas.

Palabras clave: aprendizaje colaborativo, comunidades virtuales de aprendizaje, ontologías, búsqueda semántica, objetos de aprendizaje

1. Introducción

Este trabajo se desarrolla en torno a una plataforma que da soporte a diversos grupos dentro de una comunidad virtual de aprendizaje colaborativo para los que se ofrece una serie de servicios a través de la web, que comprenden un conjunto de servicios y herramientas de interacción como salas de charla o foros de discusión, entre otros. Este conjunto compone un espacio de trabajo en el que los usuarios ven facilitada la relación, la colaboración y, por ende, la construcción del conocimiento a partir de su trabajo en grupo [17], como define el

paradigma de aprendizaje colaborativo [10].

El elemento central de esta investigación es el Objeto de Aprendizaje (LO) [21], ya que el trabajo de los alumnos se apoya en estos, bien como resultados o como productos intermedios del desarrollo de las actividades que se les encomiendan. Para este artículo, es más relevante la metainformación de los LO que su contenido, las anotaciones que, a partir del contexto en que se usan (herramientas, historia, entorno social), describen al LO y su utilidad y su posible reutilización por parte de otros alumnos. Sin embargo, este trabajo amplía

la visión de meros objetos de aprendizaje a la de objetos *temáticos* [13], ya que estos son enriquecidos semánticamente mediante el uso de ontologías [Mizoguchi et al. 96]. La metainformación que incluyen los LO adquiere semántica gracias a la ontología ya que a) ésta permite interpretar los metadatos respecto a un conocimiento establecido y consensuado, b) los objetos se tratan con un mayor nivel de abstracción (es decir, se habla de relaciones que tienen su origen o su imagen en objetos, en lugar de hacerlo sobre anotaciones particulares que se rellenan con tal o cual valor) y c) el conocimiento que organiza la ontología permite inferir nuevo conocimiento a partir de estas relaciones (extraer nuevas relaciones entre datos preexistentes), recuperar o recomendar información relevante para los usuarios (sugerir la inspección de un LO adecuado a las necesidades del alumno) [15], configurar una comunidad de estudiantes o facilitar la navegación social [7]

El trabajo aquí descrito se apoya en un modelo conceptual que utiliza una ontología para capturar el conocimiento relativo a cada uno de los aspectos de la comunidad virtual de aprendizaje. Si bien es cierto que hay trabajos en el campo de la Inteligencia Artificial que utilizan las ontologías como fundamento de desarrollos basados en el conocimiento [Hoppe et al., *op. cit.*] [18], su empleo en relación con comunidades de aprendizaje para mejorar su trabajo continúa siendo objeto de debate e investigación.

Se han tenido en cuenta estándares como el LOM [12] como base para la construcción de la ontología. A partir de éstos, se han descartado metadatos, como los referentes a los derechos sobre los LO y se ha ajustado la ontología para cubrir el modelo de información subyacente y extender su flexibilidad y posibilidades. Dicha decisión separa el trabajo aquí descrito, en cierta medida, del consenso que supone el estándar pero permite un modelo conceptual más rico y la vez cercano a las necesidades de una comunidad virtual de aprendizaje.

El resto del artículo presenta, en la sección 2, las comunidades virtuales de aprendizaje, que establecen el marco en el que el trabajo se desenvuelve; en la 3, el concepto de colaboración basada en el intercambio de objetos (producto del trabajo, total o parcial de los alumnos); en la sección 4, se trata de los objetos de aprendizaje, que suponen el elemento central del trabajo que da lugar a este artículo; en el apartado 5, se describe la ontología como modelo conceptual, su estructura y los procesos de abstracción que permiten una semántica más cercana a las necesidades alumno. Se trata el mecanismo que permite sincronizar la

ontología con el modelo de información subyacente, lo que facilita la explotación de la comunidad virtual conforme al modelo conceptual antedicho. En el apartado 6, se describe un caso de uso que ilustra el trabajo en la comunidad virtual y cómo ésta facilita dos opciones de búsqueda, *por campos*, que permite al usuario buscar objetos cuyos atributos encajen con valores dados y *por similitud*, que utiliza el conocimiento de la ontología para orientar dicha búsqueda. El artículo se cierra con unas breves conclusiones y unas referencias bibliográficas.

2. Comunidades virtuales de aprendizaje

Los procesos de aprendizaje colaborativo y, en general, todas las aproximaciones de aprendizaje soportado por computador que se rigen por algún paradigma social [16], pueden sacar partido de las comunidades virtuales. Las herramientas de interacción facilitan la comunicación entre los miembros de estas comunidades, lo que fomenta la cooperación, coordinación, planificación y colaboración. Esto permite el desarrollo de actividades pedagógicas en grupo. [20] define las comunidades virtuales de aprendizaje y las caracterizan como facilitadoras del aprendizaje.

La estructuración social es un factor clave para el desarrollo de actividades pedagógicas en comunidades virtuales de aprendizaje [19]. Para ello, es conveniente asignar a cada usuario una serie de competencias y responsabilidades sociales en función de sus habilidades individuales. Esta asignación permite posicionar a cada miembro de manera precisa dentro de la comunidad. Por ejemplo, en una comunidad virtual de aprendizaje colaborativo podríamos distinguir entre administradores, invitados, profesores, monitores y estudiantes. Además, se requiere estratificar la sociedad en diversos colectivos de usuarios. Cada colectivo tiene una misión bien definida dentro de la comunidad. Por ejemplo, dentro de la sociedad definir diferentes “comunidades de interés” para el desarrollo de experiencias de aprendizaje vinculadas a un determinado área de conocimiento (i.e., comunidad de astronomía, comunidad de biología, comunidad de química, etc.). Dentro de cada comunidad virtual de aprendizaje, se colocaría a un profesor experto en el tema y un conjunto de “equipos de trabajo” formados por tres estudiantes y un tutor cada uno.

Una vez definidos los colectivos es posible asignar diferentes espacios de trabajo a cada uno de ellos. Los espacios de trabajo suponen una metáfora interesante ya que hacen conscientes a los usuarios

del entorno social donde se desenvuelven los procesos de aprendizaje colaborativo [6] [8]. Como representa la figura 1, los miembros de las distintas divisiones sociales (por ejemplo, los miembros del grupo A1 de la figura comparten un espacio común de trabajo, que es distinto de los de los grupos A2 y A3. Sin embargo, todos los miembros de la comunidad A, que forman los tres grupos antedichos, comparten un espacio de trabajo por pertenecer a la misma) de una comunidad comparten espacios de trabajo, lo que permite y favorece la colaboración a través de los medios de interacción que dichos espacios proporcionan.

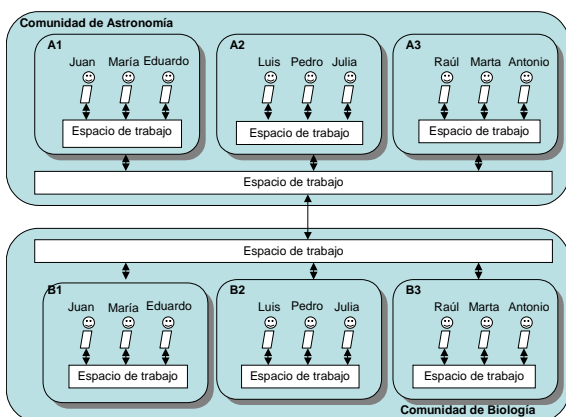


Figura 1. Esquema de una comunidad virtual de aprendizaje con varios espacios de trabajo.

3. Interacción basada en el intercambio de productos

Durante el desarrollo de actividades instructivas se distinguen dos elementos importantes: el producto y el proceso de la colaboración. Los productos de la colaboración son la colección de resultados (parciales o finales) que se generan durante la actividad. El proceso de la colaboración es la sucesión histórica de eventos, interacciones y acciones que se han dado a lo largo de la actividad para generar los productos de la misma. [20] considera ambos aspectos como entidades complementarias de la colaboración e incluso algunos enfatizan que dentro de una actividad tiene mayor importancia el proceso que el conjunto de recursos generados como resultado de su desarrollo [9].

Debido a lo anterior, las herramientas de interacción que se utilizan en las comunidades virtuales de aprendizaje para desarrollar las actividades suelen generar un registro de eventos que almacena un

histórico de todas las interacciones que ha ocurrido. Aunque este enfoque es comúnmente utilizado lo cierto es que resulta insuficiente ya que quedan desvinculados los resultados de la descripción de las acciones que llevan a los estudiantes a producirlos. Una aproximación alternativa es mantener siempre unidos estos dos elementos mediante un proceso de reificación [20]. La reificación hace referencia a la explicitación de la experiencia y el conocimiento en entidades tangibles. Estas entidades suelen ser recursos digitales similares a los descritos en [13] como objetos anotados o en [21] como objetos de aprendizaje. Aquí se utiliza esta segunda terminología para referirnos a ellos.

Cuando un grupo va a desarrollar una actividad colaborativa el tutor asigna una serie de recursos en forma de objetos de aprendizaje. Estos objetos son el punto de partida para generar otros nuevos o modificar los ya existentes. Al final de la actividad todos los objetos generados y modificados constituyen los productos de la colaboración. Los datos sobre las modificaciones llevadas a cabo en los recursos se añaden automáticamente a los mismos en forma de metadatos, lo que constituye una traza del proceso de colaboración. (Véase la siguiente sección para una descripción más detallada sobre la estructura de los objetos de aprendizaje.) Los objetos de aprendizaje son almacenados en repositorios de objetos que son un tipo de herramienta de interacción asíncrona.

De lo anterior se desprende que un objeto de aprendizaje va evolucionando y modificándose a lo largo de un ciclo de vida. Las modificaciones hacen referencia tanto a cambios en el contenido como adiciones de nueva información de metadatos al objeto de aprendizaje.

En la figura 2, aparece la historia de un objeto a lo largo del desarrollo de una actividad pedagógica. Cada intervención de los estudiantes con el objeto se reifica en una nueva versión de contenido que contiene nuevos contenidos y que incorpora (meta) información acerca de las interacciones que se han producido hasta obtenerlo. En este ejemplo, un primer estudiante ha creado la primera forma del LO, que, posteriormente, ha sido modificado por un compañero de grupo. Más adelante, una revisión del mismo, produce la tercera versión del mismo, que incorpora la información que venía dada por la historia del objeto, así como la más reciente.

Los objetos de aprendizaje pueden moverse de un espacio de trabajo a otro para ser modificados o para generar otros objetos nuevos. De esta forma se establece la colaboración [4]. Esta forma de trabajo provoca la necesidad de una recuperación eficiente

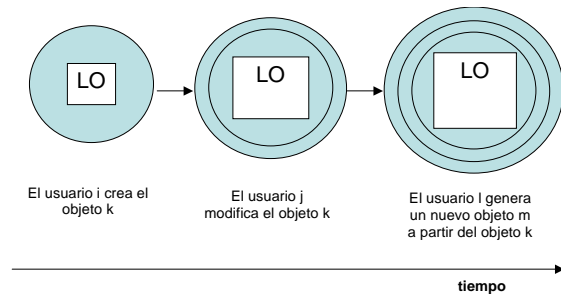


Figura 2. Historia de un LO. Sucesivas interacciones que han ido derivando su contenido y refinando sus metadatos

de LO a partir de las especificaciones que den los alumnos.

En la figura 3 se ilustra el conjunto de objetos de aprendizaje que son generados a lo largo del tiempo, en los diferentes espacios de trabajo implicados en el desarrollo de un proyecto de biología. Como se puede apreciar el proceso colaborativo comienza con una planificación del trabajo que se realiza a nivel del grupo B1. Este proceso utiliza el objeto ① como guía para comenzar.

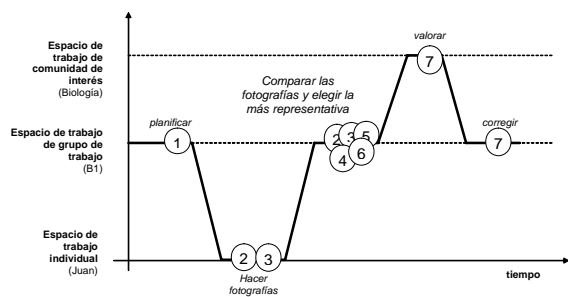


Figura 3. LO generados a lo largo de una actividad colaborativa

Después de la división del trabajo Juan hace dos fotografías de árboles y almacena en su espacio de trabajo privado los objetos ② y ③. Después, estos objetos son subidos al espacio de B1, junto con otros provenientes de otros espacios privados (objetos ② a ⑥). Entonces comienza un proceso de integración consistente en comparar y seleccionar la fotografía más representativa de la especie de árbol seleccionado y la comenta. El objeto obtenido ⑦ se envía al espacio de trabajo de la comunidad de Biología donde el profesor lo revisa. Tras su revisión este lo devuelve al espacio de trabajo de B1 para que el grupo lo corrija.

4. Objetos de aprendizaje

A la hora de poder buscar y recuperar objetos de aprendizaje es necesario que éstos contengan cierta información acerca de los contenidos que poseen. Esta información, es conocida por el nombre de *metadatos*, datos sobre los datos, y permite especificar el contenido, objetivos, contexto, etc., del objeto de aprendizaje.

El contenido de un LO se empaqueta, por tanto, junto a un conjunto de metadatos que definen el contexto en el que ha sido creado o modificado el LO. En la figura 4 se muestra un esquema de empaquetado de un objeto perteneciente al escenario de Biología. Se compone por un lado de un contenido, que es en este caso una foto lunar, y unos metadatos, los cuales son descritos en XML.

Los LO se dividen en tipos, cada uno de los cuales

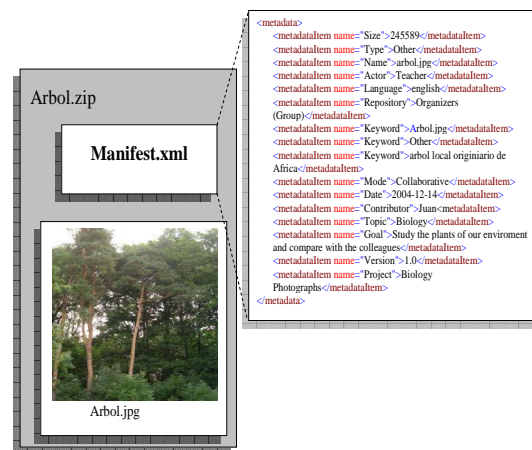


Figura 4. Ejemplo de empaquetamiento de un LO

tiene asociado un esquema de metadatos. Los metadatos se agrupan en esquemas, que forman una jerarquía a partir del tipo *general* (así, por extensión, se hablará de *objeto general* cuando dicho LO contenga sólo anotaciones del esquema general), que incluye los metadatos compartidos por todos los LO. El hecho de que todos los tipos de LO pertenezcan por omisión al *general* asegura que existe un conjunto mínimo de metadatos que todos los objetos comparten, lo que permite definir estrategias de búsqueda según la información (más general o más específica) de la que se disponga en cada ocasión. Este esquema *general* de metadatos está basado en el estándar LOM (Learning Object

Metadata) [12]. A partir de los 65 campos que componen este conjunto, se ha extraído y adaptado una colección de metadatos para recoger las características específicas del contexto en el que se ha desarrollado este trabajo (figura 5, ❶)

A parte del esquema general, el sistema admite la posibilidad de nuevas anotaciones no definidas asociadas a un nuevo tipo de objeto. De esta forma, para almacenar LO como pertenecientes a un nuevo tipo, se puede crear un esquema de metadatos específico que se ajuste a las necesidades semánticas que no cubre el conjunto general. Si un tipo de objeto (en el sentido explicado anteriormente), por ejemplo, un recurso sobre biología necesita nuevos metadatos (*específicos*) que no estén en el esquema general, se podrá crear un nuevo esquema para ese tipo de objeto, que se añadirá a las anotaciones generales. Así, un LO sobre biología (por ejemplo, uno que describa una foto de un árbol) incorporará los metadatos del esquema general (como *autor*, *título* o *tamaño*) además de algunos específicos (como, por ejemplo, *tipo de hoja* o *área de distribución geográfica de la especie*.)

En este caso, será necesario describir o asociar una semántica adecuada a estos nuevos metadatos. Esta organización jerarquizada de los esquemas de metadatos permite una definición más ajustada a las necesidades específicas de la metainformación de

los LO con una mayor (según metadatos concretos) o menor granularidad (sobre la base de esquemas completos.) De esta forma, el sistema facilita el diseño de nuevos tipos de metadatos sobre los objetos que respondan a necesidades anteriormente no contempladas en el esquema general de metadatos. Además, como más adelante se comentará, la ontología refleja y aprovecha este modelo de metainformación de manera que la búsqueda semántica pueda beneficiarse también de la información contextual que incorporan los objetos.

En la figura 5, se muestra el detalle del esquema general (etiquetado como ❶ en la figura) y un par de esquemas específicos de metadatos (❷ y ❸, en la figura.) Ambos sirven para constituir distintos tipos de objetos de aprendizaje (❹, en la figura), permitiendo de este modo definir tipos propios para objetos del escenario de Biología por un lado, y de un escenario de Astronomía por el otro.

Es importante que los objetos de aprendizaje se encuentren metadocumentados de la forma más completa y correcta posible, ya que esto posibilitará su búsqueda y localización de una manera más eficaz para poder ser compartidos por la comunidad. Sin embargo es justo aquí donde reside el gran problema de los metadatos. Normalmente los usuarios que crean contenidos no se detienen a cumplimentar los campos de los metadatos

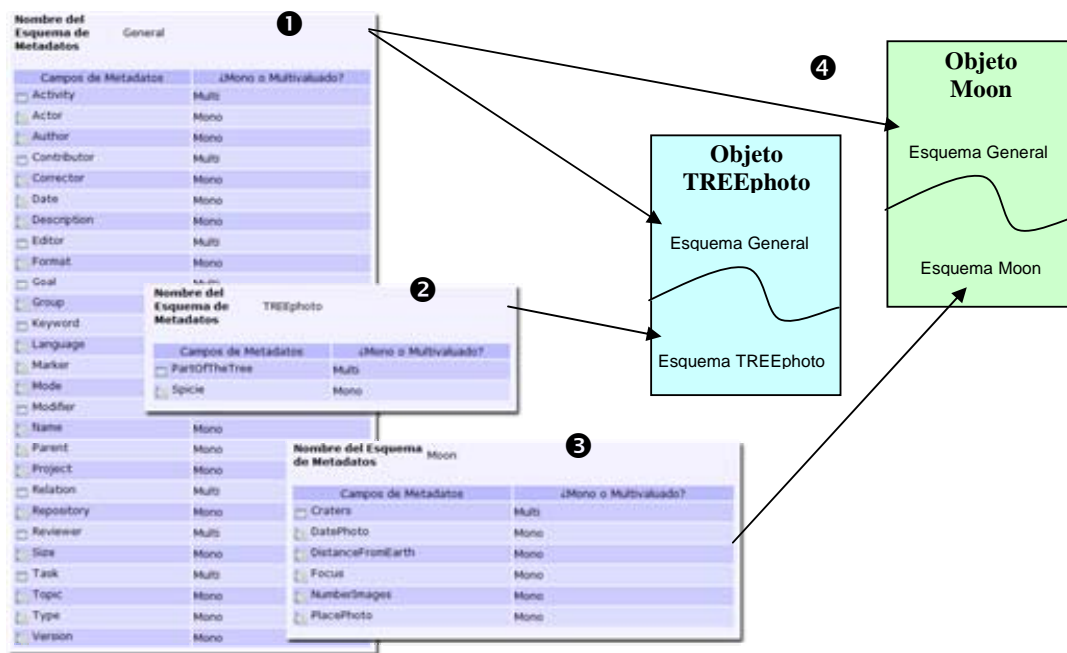


Figura 5. Esquemas de metadatos y ejemplos de tipos de LO

asociados al objeto generado, sobre todo cuando el conjunto de esos campos es excesivamente grande. Por esto, se hacen necesarios mecanismos de relleno automático de metadatos, basados típicamente en el contenido del objeto como en su contexto.

El gestor del repositorio se encarga de añadir, de forma automática, un gran número de metadatos basándose en la actividad del usuario en curso (por ejemplo, el proyecto o la actividad, pero también otros como el autor del objeto, a partir del identificador del usuario que lo añade.) Además ofrece facilidades para que las herramientas externas que interactúan con el repositorio mediante Servicios Web, puedan rellenar todos los campos específicos (por ejemplo, datos técnicos sobre la fotografía de un árbol si se trata de una herramienta para capturar instantáneas en el citado escenario sobre biología) y modificar cualquiera de los generales.

El siguiente apartado trata sobre cómo se obtiene y utiliza el conocimiento que se deriva a partir de las anotaciones de los objetos.

5. El esqueleto de la ontología y sus extensiones: modelo conceptual

El conocimiento que permite vertebrar y utilizar las distintas opciones disponibles para la comunidad virtual se apoya en un modelo de información adaptado a la propia aplicación en lugar de un modelo genérico para el uso de cualquier desarrollo conceptual. La base de conocimiento se sustenta en una ontología, que, a su vez, recoge y amplía dicho modelo de información.

El principal interés de este desarrollo se centra en el tratamiento de LO, por lo que el modelo conceptual debe ser capaz de incorporar y manejar, adecuadamente, las anotaciones disponibles sobre un LO.

¿Cómo se incorporan los metadatos al modelo de conceptual? Ésta cuestión es, en general, objeto de debate. Una posibilidad estriba en congelar el modelo de objeto de aprendizaje (por ejemplo, el citado LOM [LOM, *op. cit*], que describe o documenta de igual forma cualquier objeto de aprendizaje, sea, digamos un sonido o una lección), prefijando para su uso un conjunto limitado de metadatos. En el trabajo que describe este artículo se ha optado por una opción más flexible consistente en considerar (parte de) la metainformación como (instancias de) relaciones entre los objetos de

aprendizaje y las entidades representadas por dichas anotaciones (lo que constituye una relación entre referentes y objetos referidos en el modelo conceptual).

Esta visión aporta un mayor nivel de abstracción en el tratamiento de la metadocumentación. Su implementación se basa en la reificación de las relaciones de metadatos. Esto implica dos consecuencias: no hay un límite en la cantidad o tipo de anotaciones que pueden asociarse a un (tipo de) LO, ya que se pueden añadir nuevas instancias de relaciones en cualquier momento; las relaciones



Figura 6. Estructura de la ontología

de metadatos, como segunda consecuencia, son también posibles objetos de anotación (metadocumentación), lo que permite nuevos niveles de abstracción para la descripción del conocimiento.

Sin embargo, la adopción de esta estrategia implica abordar la resolución de dos problemas: cómo garantizar la integridad referencial de las relaciones

de metadatos y cómo imponer sobre éstas una semántica coherente con el uso instruccional de la comunidad virtual.

Para poder garantizar la integridad referencial de las relaciones de metadatos, en la ontología, tienen cabida todas las entidades que definen y delimitan la comunidad virtual y sus servicios, de manera que ésta se extiende y proporciona semántica a todas las funcionalidades que aquél ofrece. Esta semántica depende enteramente del modelo conceptual, ya que el modelo de información no distingue ni aplica filtros al contenido de la metainformación (con la

excepción de las anotaciones que provienen de información contextual o extraída de las herramientas, como, por ejemplo, la fecha de creación de un objeto, ya que de éstas se podría predicar su corrección *por construcción*).

La principal ventaja de esta aproximación consiste en la capacidad de formular consultas sobre cada uno de los elementos que componen el sistema, desde el Repositorio a un usuario o grupo y desde un proyecto en el que esté trabajando un grupo hasta el servicio de foro de charla mediante el que se comunican y que la comunidad virtual de aprendizaje pone a su disposición.

En cuanto a la semántica de los metadatos y de su relación con el resto de elementos presentes en el sistema, se hace necesario un conjunto de axiomas que permita interpretarlos. Ha de tenerse en cuenta como se ha hecho notar al discutir sobre la integridad referencial que, para el modelo de información subyacente, los metadatos no constituyen entidades propiamente dichas, ya que no se les asigna carga semántica explícita alguna en el sistema.

Más adelante, nos extenderemos sobre las relaciones de metadatos (MDR) y su semántica.

5.1 Estructura de la ontología

En cuanto a su estructura, como se puede ver en la figura 6, la ontología se apoya en una jerarquía de conceptos principales (o núcleo), que engarza a las demás partes. Se utilizan jerarquías dedicadas a la definición de Objetos de Aprendizaje, que define el concepto de LO y sus relaciones con otras entidades (por ejemplo, tipos de LO y su clasificación), a los Aspectos Sociales, donde se integran conceptos tales como Usuarios, Grupos o Comunidades junto con la información relevante para conectar dichas clases (como, por ejemplo, la tipología de grupos o

comunidades o de usuarios y actores) y al Escenario y marco de Trabajo, que agrupa entidades tales como Proyecto, Actividad, Tarea o Herramienta, entre otras (en esta taxonomía se recogen las relaciones entre proyectos y escenarios, entre tareas y actividades o las herramientas que se utilizan para

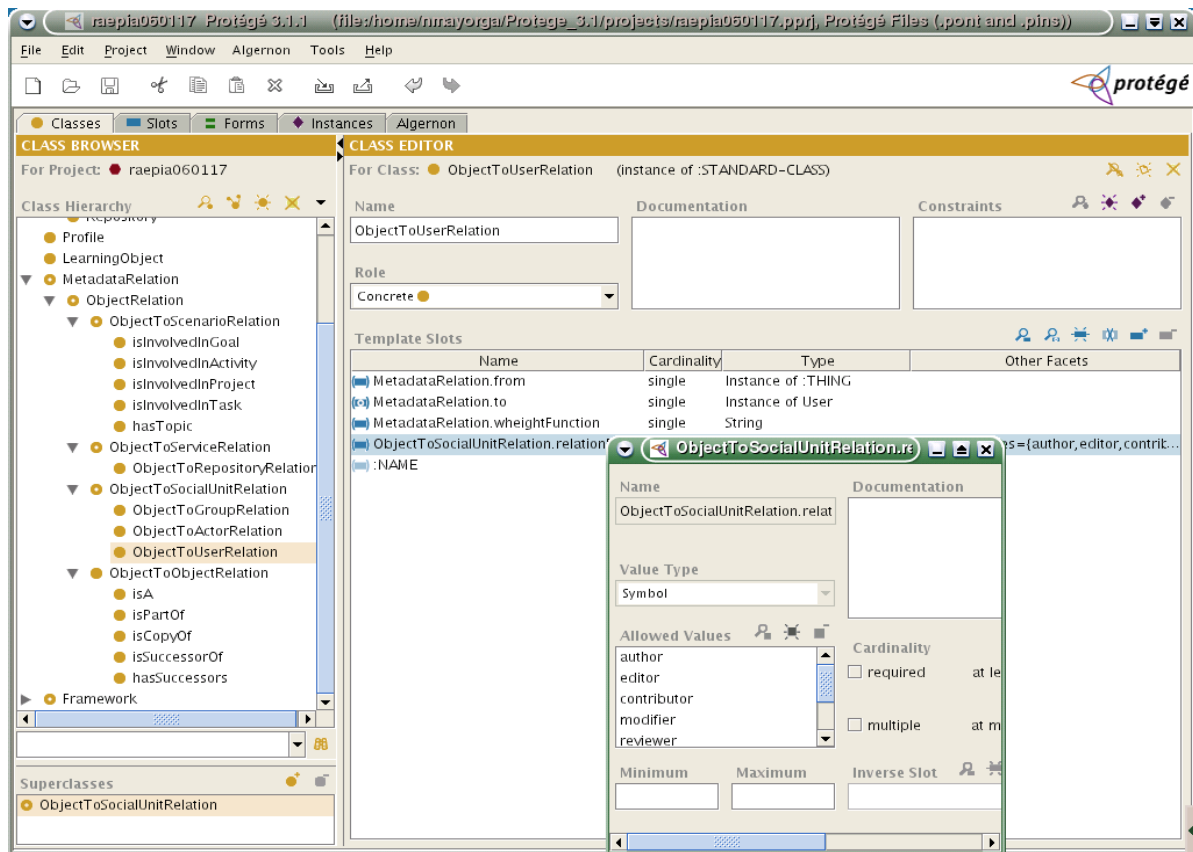


Figura 7. Taxonomía de Relaciones de Metadatos. Subtaxonomía que relaciona objetos y usuarios

llevarlas a cabo.) Estas tres taxonomías junto con el núcleo ontológico constituyen la parte invariante de la ontología en tanto en cuanto reflejan el modelo de información básico que se ha diseñado para dar soporte y operatividad al modelo conceptual del sistema.

El núcleo de la ontología contiene clases que permiten construir conocimiento relativo a cada parte del modelo de información de la comunidad virtual. En la figura 8, se puede ver parte de la

desarrolla (*Group.develops*) un proyecto y trabaja en un espacio propio (como el que tienen actores y usuarios, ya que estas tres clases heredan dicha característica de *SocialUnit*). Por último, el modelo de información define a un grupo como una agregación de otros, esto es, un grupo puede ser parte de otros (en la clase de la ontología, lo refleja el atributo *Group.ParentGroups*) o estar formado por otros (véase el atributo *Group.subgroups*.) Véase que, para cada una de las entidades relevantes en el núcleo, se establecen relaciones que permiten

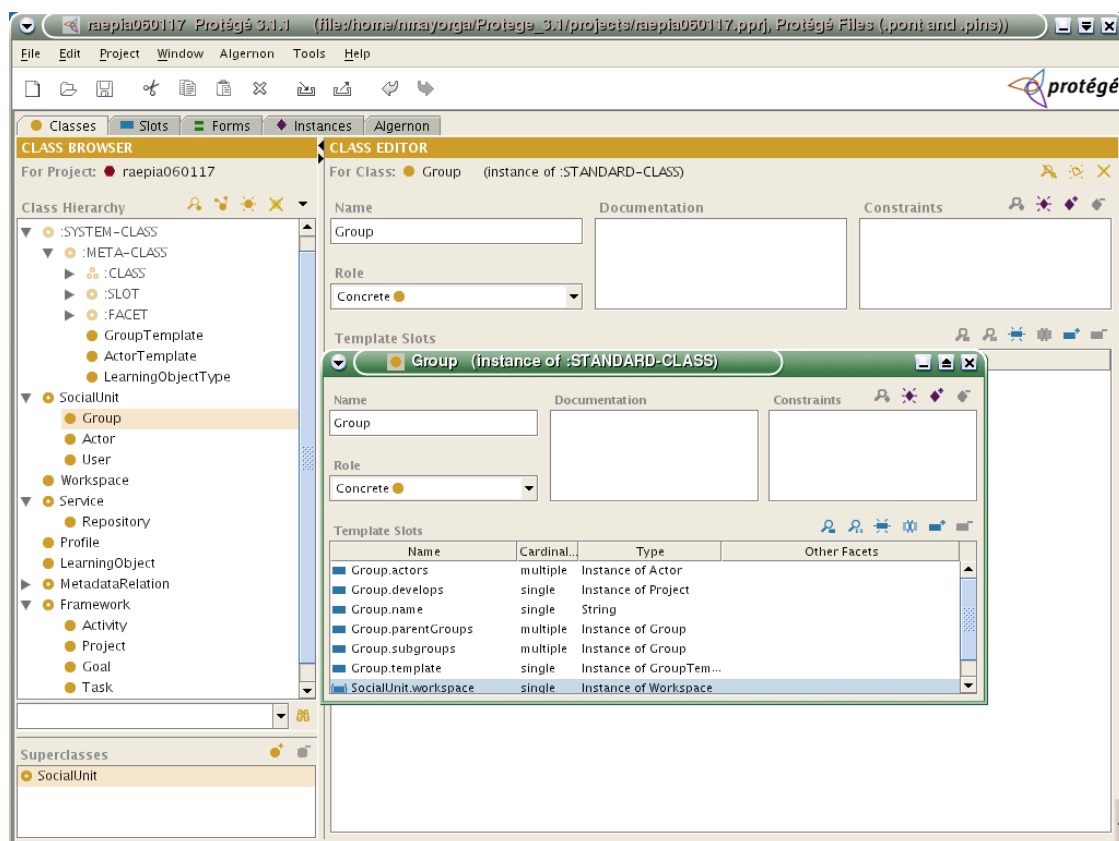


Figura 8. Entidad *Group* y sus relaciones con el metamodelo y otras taxonomías

taxonomía del núcleo y se destaca la clase “*Group*”. Entre las metaclases, podemos ver “*GroupTemplate*”, a una de cuyas instancias se adhiere cada una de las de *Group*. Esto permite reflejar la flexibilidad del metamodelo que define al modelo de información (véase que también hay metaclases para los patrones de actores y usuarios.) Un grupo está integrado por una serie de actores (atributo *Group.actors*), que encarnan las distintas responsabilidades dentro del mismo. Cada grupo

explota el modelo conceptual. Para cerrar el ejemplo, diremos que el grupo cuenta, como toda unidad social, con un espacio de trabajo que, a su vez, engloba una serie de servicios, uno de los cuales es el de repositorio, que es la metáfora del almacén de LOs (la mayor ventaja que aporta esta abstracción estriba en la posibilidad de establecer vistas particulares, para cada unidad social, de un repositorio único.)

5.2 Definición, integridad referencial y axiomática en la ontología

Hasta este momento, hemos tratado, con cierto detalle, la parte invariante de la ontología, en el sentido de que su estructura y función son fijas y surgen de la traducción del modelo de información a uno de conocimiento. Sin embargo, el centro de este desarrollo es el objeto de aprendizaje, su uso y la *metáfora de los objetos temáticos*. Por tanto, nos interesa la relación que existe entre objetos temáticos, términos o entidades en la ontología y los Objetos de Aprendizaje. Como se explicó en el apartado dedicado a la anatomía de un LO, estos incorporan metainformación que los describe y que se obtiene de su contexto de uso, bien de las herramientas con las que se los manipula, bien a partir del entorno en el que los usuarios los utilizan. El modelo de información no asigna semántica a estos metadatos sino que tan solo garantiza su gestión (generación, empaquetamiento.) La semántica de estos metadatos se establece por relación con las entidades de la ontología. El proceso de extracción de esta información pasa por la creación de una instancia de *MetadataItem* para cada anotación. Cuando se da de alta un LO, se añade una instancia de la clase *Event*, que, junto con las de *MetadataItem* de cada metadato, dispara un conjunto de reglas encargadas de clasificar y traducir, mediante un proceso de abstracción, dicha metainformación en instancias de *MetadataRelation*. En la figura 7, puede apreciarse parte de la taxonomía de Relaciones de Metadatos (*MetadataRelation*) en la que se destaca la clase *ObjectToUserRelation* y su atributo *rol*. Esta clase abstrae relaciones entre LO y usuarios, y recoge el rol que éstos desempeñaron respecto a dichos LO. Por ejemplo,

$LO_k \{ \text{metadato: autor} = u_i, \dots \}$

Traducción (mediante una regla de producción) \rightarrow

Instancia: *ObjectToUserRelation*

{from= LO_k , to= u_i , rol=*author*}

Existen reglas para traducir todos los tipos de anotaciones a sus correspondientes MDRs (por ejemplo, un metadato cuyo nombre sea *revisor* y cuyo valor el identificador de un usuario, se traduciría a una instancia de MDR cuyo atributo de origen (*MetadataRelation.from*) sería el LO sobre el que se hace la anotación, cuyo atributo imagen (*MetadataRelation.to*) sería el usuario del que se dice que es revisor de dicho objeto y cuyo atributo rol (*ObjectToUserRelation.relationRole*) sería “revisor”).

5.3 Axiomas

Esta *semántica por relación* tan solo captura un aspecto parcial de la semántica global (el referencial). Para completarlo, necesitamos una serie de axiomas que definan y restrinjan las posibilidades de interpretación de las anotaciones (y, por tanto, de las relaciones de metadatos). Esta axiomática completa el bagaje formal de la ontología y extiende el modelo conceptual de una forma que trasciende al de información.

Ejemplos de axiomas en la comunidad virtual de aprendizaje podrían ser los siguientes:

1. Un grupo no se autocontiene (de forma estricta, es decir, no es parte ni del conjunto de sus supergrupos ni del de sus subgrupos)
2. Todo LO tiene un autor
3. Todo usuario que participe en un LO lo hace encarnando un rol
4. Todas las relaciones de metadatos tienen como Dominio una instancia de LO. Además, la subtaxonomía que incluye relaciones de usuario debe tener como Rango un usuario *conocido* en la comunidad
5. Todo LO está *almacenado* en un repositorio

5.4 Poblamiento de la Ontología

La ontología necesita reificar el modelo de información de la comunidad virtual creando instancias de conceptos presentes en ésta y relaciones que los unen. Con el fin de garantizar la consistencia del conocimiento en todo momento, la ontología se rellena (se puebla) siempre cuando tiene lugar la inicialización del sistema y, a partir de ese momento, se mantiene actualizada ante cualquier modificación que se produzca.

Durante el proceso de inicialización, se analizan las distintas entidades presentes en la comunidad virtual, que poblaran el núcleo central de la ontología, y se realiza una instanciación de relaciones a partir de los metadatos presentes en los LO del repositorio. Se pueden considerar tres partes en este proceso de poblado de la ontología (1). En un primer momento es necesario crear todas las instancias que van a estar presentes en el núcleo de la ontología. Para ello se realiza un recorrido por la base de datos del sistema extrayendo información para crear los conceptos referentes a los aspectos sociales y de trabajo de la ontología (2). A continuación, en una segunda pasada, se realiza la creación de relaciones entre las instancias previamente construidas (debe dividirse este proceso en dos fases para poder garantizar la

integridad referencial de las relaciones creando previamente los objetos que van a constituir sus imágenes o destinos). De esta forma, nuevamente analizando la base de datos, se crean asociaciones que relacionan los conceptos reflejados en la ontología de la comunidad virtual (3). Finalmente, en tercera instancia, se procede a lanzar las reglas definidas en la taxonomía de relaciones. El objetivo de esta última parte del proceso de poblado, es la creación de las relaciones que se crean por inferencia de los metadatos de los LO (relaciones de metadatos.)

Una vez poblada e inicializada la ontología, cada vez que se produce alguna interacción por parte de los usuarios dentro de la comunidad, es necesario comprobar si produce alguna alteración que afecte a la ontología. Si es así, se dispara un mecanismo de sincronización que añade, borra o modifica los conceptos y relaciones que se encuentren afectados lo que, a su vez, provoca que se disparen las reglas adecuadas que realizan la actualización de las MDRs.

5.5 Métodos: consultas y búsqueda

La *recuperación y explotación* de conocimiento se llevan a cabo mediante consultas, que expresan métodos para recorrer la ontología y obtener nuevas respuestas (habitualmente, en la forma de LO) que cumplan con las necesidades y expectativas de los usuarios. Por ejemplo, una consulta que permitiese obtener “aquellos LO similares a uno dado porque el autor de éste haya trabajado en todos ellos” podría realizarse de la siguiente forma:

1. Obtención del conjunto de Relaciones de Metadatos.
2. Inspección de los elementos del conjunto obtenido en el paso 1 (instancias de relaciones) y filtrado de aquellos cuyos valores de la propiedad *de* (origen de la relación) sean distintos del LO usado para la comparación.
3. Filtrado de los resultados obtenidos mediante comprobación de la propiedad *a* (destino de la relación) para conseguir un conjunto de objetos que hayan sido usuarios manipulados por dicho usuario (sin importar su función en su uso de aquellos objetos.)

Además, pueden aplicarse reglas tanto a conocimiento Nuevo como preexistente para inferir nuevos hechos. Por ejemplo, cada vez que un usuario visite un LO, puede añadirse una instancia de una relación de *interés* de la clase

tieneQueVerConLaActividad que conecte ese LO con la actividad que esté realizando el usuario.

Un modelo de información tradicional es poco probable que sea capaz de responder a este tipo de consultas de similitud a no ser que las escriba previamente un diseñador.

En lo tocante a la implementación de este modelo conceptual, la ontología se ha desarrollado en Protégé [14] y el razonamiento se realiza mediante Algernon [1], un sistema y lenguaje de lógica limitada por el acceso (ALL), que proporciona opciones de inferencia (tanto reglas de encadenamiento hacia adelante como hacia atrás.) Para Algernon, las propiedades (como, por ejemplo, el que un objeto tenga un nombre o que el rango de una relación sea una instancia de otra entidad) como *camino*s que pueden recorrerse para realizar operaciones lógicas sobre la BC. Tanto Protégé como Algernon facilitan APIs que permiten la comunicación con el resto de desarrollos en Java.

6. Caso de uso

Una vez expuestos los principios teóricos de la investigación se mostrará un ejemplo práctico de su implementación dentro del proyecto COLDEX [Coldex]. El objetivo de este proyecto es ofrecer escenarios de aprendizaje colaborativo, permitiendo trabajar a usuarios de diferentes lugares, de forma distribuida [Celorrio05] y con herramientas heterogéneas dentro de un entorno común donde compartir sus resultados (en forma de Objetos de

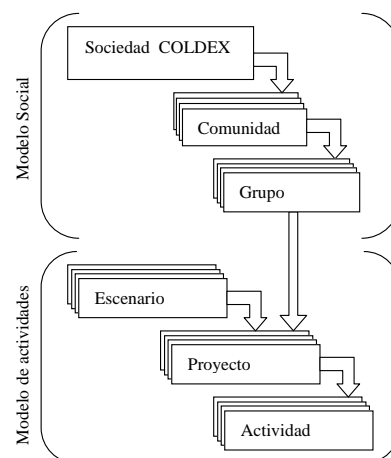


Figura 9. Modelo social y de actividades en COLDEX

aprendizaje) e interactuar.

COLDEX usa un modelo social instanciando de forma declarativa consistente en tres niveles diferentes. La sociedad COLDEX es el primer nivel, engloba a todas las comunidades y es gestionada por los usuarios que encarnan el actor administrador. Una comunidad está formada por diferentes grupos con intereses comunes. Por ejemplo la comunidad “Biology” está interesada en temas de biología. Los grupos los componen usuarios encarnando actores como profesor, estudiante o invitado. Los usuarios dentro de un grupo han de realizar varios proyectos, que contienen a su vez actividades. Un escenario es una agrupación de proyectos que versan sobre temas similares. A esta estructura se la llama modelo de actividades. En la figura 9 se puede observar más claramente cómo se relacionan ambos modelos.

La colaboración en COLDEX se basa en el intercambio de objetos de aprendizaje que se almacenan en repositorios. Existe un repositorio por cada unidad social (sociedad, comunidad, grupo) además de uno privado para cada usuario. Este intercambio se realiza moviendo o copiando LO entre repositorios. Además los usuarios pueden ampliar esos LO o modificarlos.

En la figura 10, se muestra la Comunidad Virtual de Aprendizaje de Coldex tal y como aparece durante una sesión real de trabajo, en que el proyecto que está desarrollando el grupo consiste en compartir y comparar un conjunto de fotos (en un espacio común del LOR). En la parte superior izquierda, se ven los grupos y características de la Comunidad “Biology” (1 en la figura 10) incluyendo sus proyectos en curso. El usuario registrado como “juan” pertenece al grupo “B1” (2, del que se enseña el espacio de trabajo en la parte inferior



Figura 10. Proyecto, Actividad y Espacio de trabajo de un grupo en la Interfaz del Portal

derecha de la imagen. El proyecto activo ⑤ se llama “Biology Photographs”. Este proyecto se compone de tres actividades ④:

1. *Tomar fotografías.* El estudiante ha de tomar una fotografía relacionada con la biología y guardarla en su repositorio personal.

El usuario añade un nuevo LO cuyo contenido será la fotografía tomada de un árbol, rellenando los metadatos necesarios. Así, por ejemplo, el objeto “árbol” (una imagen) irá acompañado del nombre del proyecto en el cual se está utilizando. Pero, además y a partir del contexto, a dicho objeto se añadirán el tamaño de dicho fichero o su autor. En este momento el nuevo LO se guarda en el repositorio personal del usuario.

Esta actividad tiene su reflejo en la ontología. Al añadir el LO se crea una nueva relación de metadatos (MDR) de tipo ObjectToUserRelation entre el LO (árbol) y el usuario autor (Juan), con el rol de autor. Este proceso de abstracción sobre los metadatos individuales permite nuevas búsquedas semánticas más cercanas a la forma en que el usuario percibe los LOs.

2. *Comparar las fotografías.* Los estudiantes han de comparar las diferentes fotografías que ha tomado cada uno de ellos. Para realizar esta actividad el usuario tiene que copiar la fotografía, que quiere que sea comparada, desde su repositorio privado al repositorio del grupo, donde pueden acceder el resto de estudiantes, lo que provoca el alta, en la ontología, de un LO idéntico al primero en el repositorio del grupo. Este nuevo LO incluye un metadato más (y su correspondiente MDR) que indica que es copia del anterior.

En el espacio de trabajo, los usuarios cuentan con funcionalidades para manejar sus LO así como con opciones de búsqueda, para poder acceder a otras fotografías y compararlas. Existen dos tipos diferentes de búsquedas: “búsqueda por campos” ⑧, basada en los metadatos del LO, y “búsqueda semántica” ⑨, basada en la ontología. En la Figura 10 se muestra la búsqueda basada en campos. El usuario introduce diferentes criterios para realizarla, en este caso, el tipo de LO será TREEphoto ⑤ y se centrará en los objetos del grupo B1 ⑥. A continuación en la figura se muestra el resultado con los diferentes objetos encontrados ⑦.

Este tipo de búsqueda permite recuperar LO a partir de un patrón dado (uno o varios atributos extraídos de un LO utilizado como prototipo, cuyos valores pueden ser editados por el usuario.) A pesar de la facilidad de uso y potencia que confieren las operaciones implícitas de *especialización* (dar valor a un atributo vacío establece esta constante como

modelo de comparación) y *generalización* (eliminar un valor constante convierte al atributo que lo almacenaba en una variable, que puede rellenarse con cualquier valor del tipo del citado atributo), la expresividad de este tipo de búsqueda es limitada. Se trata de una búsqueda *sintáctica*, en la que los valores posibles obtenidos para cada atributo no contemplan más restricción que la de ser del tipo adecuado. Además, los metadatos no son interpretados por el modelo de información subyacente, por lo que el alcance de esta búsqueda se circunscribe a combinaciones de valores ya establecidas.

La ontología ofrece un camino diferente, en el que el modelo conceptual permite interpretar los valores obtenidos respecto al conocimiento disponible. A modo de ejemplo, un alumno de la comunidad dedicada al proyecto de biología podría desear obtener “LO similares a los que él mismo haya creado (y dejado en el repositorio)” durante la tarea T1 (*tomar fotografías*) como base para la tarea T2 (*comparar fotografías*). En lugar de recuperar meramente los LO (fotos, en este caso) del resto del grupo podría usar la opción de *Búsqueda Semántica* con la opción “*Obtener LO similares a...*”. Para obtener ese conjunto de objetos parecidos a unos dados (los creados por ese usuario), la ontología exploraría las instancias de MDR (relaciones de metadatos, que abstraen los valores concretos de las anotaciones de los LO). De entre las disponibles, se seleccionarían las que conectasen los objetos del usuario con otros LO. El resultado se filtraría para recuperar sólo los LO que hayan sido creados por miembros de otras comunidades virtuales mientras hayan estado trabajando en tareas semejantes a la T2 que nos ocupa. El criterio de similitud sería que los objetivos de esas tareas sean hijos de un mismo nodo de la taxonomía de metas que el de T2.

3. *Elegir la fotografía más representativa.* En esta última actividad del proyecto, los estudiantes seleccionan la fotografía que crean más interesante de las comparadas. Para la realización de esta actividad, se usará la herramienta de chat ⑩, que ofrece la comunidad virtual, para las discusiones entre los usuarios.

7. Conclusiones

Este trabajo se enmarca en el ámbito del aprendizaje colaborativo dentro de comunidades virtuales. Los alumnos, durante la realización de las actividades que constituyen parte de su proceso de enseñanza, crean y manipulan objetos, generando sucesivas versiones, que se van enriqueciendo con las

aportaciones de cada miembro del grupo o comunidad virtual en la que participan. Estos objetos se anotan mediante metadatos, que describen su contenido e incorporan información contextual automáticamente.

Esta forma de trabajo sugiere un mecanismo de navegación y recuperación de información suficientemente ágil y preciso como para adaptarse a las necesidades de los alumnos. Por ello, se ha diseñado una ontología que define todos los elementos relevantes para el trabajo de los estudiantes, lo que permite abstraer la información, que llega en la forma de metadatos, sobre la historia de los objetos de aprendizaje, reflejo del proceso que siguen los propios alumnos. Además, la definición ontológica posibilita la inferencia de nuevo conocimiento basado en dichos datos contextuales, lo que, a su vez, ofrece nuevas posibilidades de búsqueda de objetos de aprendizaje con una semántica cercana a los intereses del alumno.

Este trabajo es el resultado de la investigación llevada a cabo para el proyecto COLDEX [3] y ha sido evaluado con usuarios reales y actualmente se está extendiendo en el proyecto ENLACE [5] para realizar actividades más complejas con distintos tipos de dispositivos y comunidades de usuarios.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos COLDEX, EU IST project No 2001-32327 y ENLACE, CICYT TIN 2004-04232, y fondos del Vicerrectorado de Investigación de la UNED.

Referencias

[1] Algernon. <http://algernon-j.sourceforge.net>

[2] Celorrio, C. , Verdejo, M.F. & Barros, B. Una Aproximación a la Distribución de Repositorios de Objetos de Aprendizaje basada en Servicios Web. *Actas VI Congreso Nacional de Informática Educativa Simposio Nacional de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la Educación, SINTICE'2005 (ADIE), 2005*

[3] COLDEX. <http://www.coldex.info>

[4] Dillenbourg, P. Overscripting CSCL: The risk of blending collaborative learning with instructional design In Kirschner, P. A. (Ed.),

Three worlds of CSCL. Can we support CSCL?, pp. 61–91, 2002

- [5] ENLACE. <http://enlace.lsi.uned.es/enlace/>
- [6] Gutwin, C. Stark, G. & Greenberg. Support for workspace awareness in educational groupware, *Proceedings of the Computer-Supported Collaborative Learning Conference CSCL 1995*, 1995
- [7] Hoppe, U.; Pinkwart, N.; Oelinger, M.; Zeini, S.; Verdejo, F.; Barros, B.; Mayorga, J.I. Building Bridges within Learning Communities through Ontologies and Thematic Objects, *Proceedings of the Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL 2005*, 2005
- [8] Jermann, P. & Dimitracopoulou, A. Research roadmap. Future research directions. *Deliverable D26.3. KALEIDOSCOPE-ICALTS Project*, 2004
- [9] Koper, Rob Editorial: Technology and Lifelong Learning. *British Journal of Educational Technology*, vol 35, pp. 675-678, 2004
- [10] Koschmann, T. (Editor) CSCL: Theory and Practice of an emerging paradigm. Lawrence Erlbaum Associates, 1996
- [11] Mizoguchi, R.; Sinita, K.; Ikeda, M. Task Ontology Design for Intelligent Educational/Training Systems. *In Proceedings of the ITS'96 Workshop on Architectures and Methods for Designing Cost-Effective and Reusable ITSs*, 1996
- [12] Learning Technologies Standard Comité "The Learning Object Metadata standard" <http://ieeeltsc.org/wg12LOM/lomDescription>
- [13] Pinkwart, N.; Jansen, M.; Oelinger, M.; Korchounova, L.; Hoppe, U. (2004). *Partial Generation of Contextualized Metadata in a Collaborative Modeling Environment*. In Lora Aroyo and Carlo Tasso (Eds.): Workshop proceedings of AH2004.
- [14] Protégé knowledge base framework. <http://protege.stanford.edu>
- [15] Recker, M. & Wiley, D. (2001). A non-authoritative educational metadata ontology for filtering and recommending learning objects. *Interactive Learning Environments 1: 1-17*
- [16] Scardamalia, M. & Bereiter, C. (1991) "Higher level of agency in knowledge building: a challenge for the design of new knowledge media". *Journal of the Learning Science*, vol. 1, pp. 37-68.

- [17] Stahl, G. Collaborative information environments to support knowledge construction by communities, *AI & Society*, 14, pp. 71-97, 2000
- [18] Stuckenschmidt, H. and van Harmelen, F. Ontology-based metadata generation from semistructured information *In Proceedings of K-CAP'01*, Sheridan Printing, 2001
- [19] Vélez, J. Barros, B. & Verdejo, M. F. A Framework to define Web Based Communities *International Journal of Web Based Communities 2006*, ISSN: 1477-8394, Vol. 2, No.3 pp. 339 – 359, 2005
- [20] Wenger, E. Communities of practice: Learning as a Social System *Systems Thinker*, 1998.
- [21] Wiley, D. Connecting Learning Objects to instructional design theory: a definition, a metaphor, a taxonomy. *The instructional use of Learning Objects*. Wiley, D. (ed). <http://www.reusability.org/read/chapters/wiley.doc>, 2001