

# Sistemas de aprendizaje que proporcionan asesoramiento mediante el análisis de la colaboración aplicando técnicas de Inteligencia Artificial: aplicación a la generación de informes.

Carlos Vicente  
Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos  
UNED  
C/ Juan del Rosal, 16  
Madrid, 28040  
carlos@lsi.uned.es

## Resumen

La colaboración es un fenómeno complejo que ha sido estudiado en numerosos trabajos sin resultados concluyentes sobre su caracterización. El propósito de éstos era, de alguna manera, obtener alguna medida de la colaboración, pero también han resultado aproximaciones válidas para intentar entender la colaboración como un proceso. Varios de estos trabajos separan la colaboración en dos fases claramente diferenciadas, ya sea modeladas como un proceso continuo y retroalimentado, o secuencializadas: 1) realización de la experiencia y 2) análisis de las interacciones de los usuarios. Otros autores señalan la existencia de un ciclo autorregulado y homeostático en el que se pueden identificar cuatro fases: 1) Recolección de datos, 2) construcción de un modelo de interacción, 3) comparación del estado actual de la interacción con el estado deseado y aconsejar y guiar la interacción. Atendiendo a este hecho, se pueden clasificar los sistemas que dan soporte a la interacción dependiendo de las fases que proporcionan. En los últimos cinco o seis años se han desarrollado sistemas CSCL que analizan y dan soporte a la colaboración. Podemos diferenciar varias maneras de modelar el proceso de la colaboración, dependiendo de la técnica de Inteligencia Artificial empleada. En este trabajo se han identificado al menos las siguientes técnicas: Máquina de estados finita, sistemas basados en reglas, árboles de decisión, reconocimiento de planes, aprendizaje supervisado, aprendizaje de patrones de interacción, agentes, ontologías, redes bayesianas y mapas conceptuales. Actualmente, el grupo LTCS del departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos está desarrollando\* herramientas que ofrecen soporte a la colaboración en el marco de enseñanzas experimentales a distancia. El trabajo que presentamos aquí, cristalizado en la herramienta CollabReport, ofrece guiado de las interacciones para la realización de memorias o informes mediante un tipo de máquina de estados finita.

## 1. Introducción

Varios estudios (Brown y Palincsar, 1989), (Doise, Mugny, & Perret-Clermont, 1975) han probado que los alumnos que colaboran efectivamente en un grupo aumentan la calidad del resultado del grupo, y que también pueden mejorar los resultados individuales. Cuando los estudiantes interactúan en un grupo de forma efectiva, realizan acciones que amplían su potencial de obtener conocimiento que de forma individual no podrían producirse. Algunas de estas acciones incluyen:

- Realizar preguntas y aclaraciones,
- explicar y justificar las opiniones,
- articular y argumentar debidamente los razonamientos,
- elaborar y reflexionar sobre los conocimientos, y
- obtener motivación y mejora en el aprendizaje.

Algunos autores, (Schwartz, 1999), van más a allá y señalan que la habilidad de un grupo puede trascender a la habilidad de sus colaboradores. Es decir, la habilidad del grupo puede ser mayor que la habilidad del mejor de las individualidades.

---

\* parcialmente soportado por la CICYT dentro del proyecto EA2C2: *Entorno de aprendizaje Activo y Colaborativo de conocimiento experimental (TIC2001-0007)*.

En otros casos se señala una mejora del aprovechamiento individual. Estos trabajos (Jeong, 1998) suelen realizar tests antes y después de una experiencia en grupo, revelando una mejora a nivel individual. Relacionado con estos estudios se encuentra el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (Proximal Development Zone, PDZ) desarrollado por Vygotsky (1878), que establece la capacidad potencial de adquisición de conocimiento por parte de un alumno.

En cualquier caso, la colaboración presenta varios efectos sobre el grupo, algunos de los cuales se acoplan entre sí, y que afectan a su dinámica cognitiva, a la construcción del conocimiento del grupo y a su desarrollo social.

**Cambio cognitivo.** Las teorías socio-cognitivas basadas en el conflicto asocian el grado en el que el conjunto de conocimientos del alumno varía con el conflicto que surge a lo largo de la interacción. De esta forma, incrementando la probabilidad con la que puede surgir el conflicto se aumenta la posibilidad de aumentar los puntos de vista, provocar discusión y, por lo tanto, aprender (Doise, Mugny, & Perret-Clermont, 1975).

**Estímulo en la construcción de conocimiento.** La construcción de conocimiento común parece ser un efecto incompatible con el cambio cognitivo. Algunas teorías señalan que puede producirse un cambio cognitivo “regresivo” si el conflicto no está suficientemente justificado y fundamentado. Si el conflicto está justificado, se producirá el cambio cognitivo, modificándose el conocimiento compartido (Jeong, 1998).

**Desarrollo de habilidades sociales.** Además de aprender la materia de estudio o de conseguir la resolución de un problema, la colaboración permite el desarrollo de habilidades y destrezas sociales. Practicar la discusión, defender y evaluar las propias opiniones y las de los demás también puede tener beneficios en la habilidad para el aprendizaje de una materia en el futuro. Se trata de aprender sobre el aprendizaje, un efecto más beneficioso que el mero hecho de asimilar una materia determinada (Brown y Palincsar, 1989).

## 2. Evolución del aprendizaje colaborativo

Las distintas teorías originadas en el aprendizaje colaborativo (constructivista, socio-cultural, cognición compartida) han suscitado distintas aproximaciones empíricas (Dillenbourg y otros, 1995). Los diferentes paradigmas empíricos tienen en cuenta distintos tipos y números de variables, lo cual es coherente dada la distinta naturaleza de las distintas teorías, que proponen distintos tamaños de los participantes, distintas características de los colaboradores, etc. Podemos distinguir los siguientes paradigmas: efecto, condiciones e interacciones.

**Paradigma efecto.** Pretende averiguar si el aprendizaje en grupo es más eficiente que el aprendizaje individual. Para ello observa los resultados, tanto los positivos como los negativos para llegar a una respuesta concluyente.

**Paradigma condiciones.** Determina las condiciones, tanto dependientes como independientes, bajo las que el aprendizaje colaborativo es eficiente. Algunas variables independientes son:

- La composición del grupo,
- Los prerrequisitos individuales,
- Las características de la tarea,
- Las interacciones entre las variables.

**Paradigma interacciones.** Introduce variables intermedias que describen las interacciones que surgen en la colaboración. La cuestión acerca de las condiciones que

favorecen la efectividad de la colaboración se divide en dos: qué interacciones ocurren bajo qué condiciones y qué efectos tienen estas interacciones. Aquí se estudian las interacciones desde un punto de vista “microgenético”, incidiendo en los efectos específicos de la interacción y dejando al margen efectos globales. Algunos de estos efectos específicos son la explicación (la explicación a otros ayuda a internalizar) y el control (reflejar la estrategia de resolución de un problema). Para observar las interacciones generalmente se usan sistemas CSCW (Computer-Supported Cooperative Work).

### 3. La colaboración como proceso

La colaboración es un fenómeno complejo que ha sido estudiado en numerosos trabajos. El propósito de éstos era, de alguna manera, obtener alguna medida de la colaboración, pero también han resultado aproximaciones muy valiosas para intentar entender la colaboración como un proceso.

Varios sistemas (Soller, 2002) (Muendhelbrock, 2000) (Barros, 1999) separan la colaboración en dos fases claramente diferenciadas, ya sea modeladas como un proceso continuo y retroalimentado, o claramente secuencializadas:

- 1) realización de la experiencia, en la que los usuarios interactúan para conseguir completar la actividad,
- 2) análisis, en la que se analizan las interacciones de los usuarios y se da información de apoyo a la interacción (coaching).

De esta forma podríamos diferenciar aquellos sistemas que proporcionan soporte a la interacción sin realizar ningún tipo de cálculo sobre ellas, de aquellos sistemas que sí lo hacen.

En otra aproximación más elaborada (Jermann y otros, 2001) se señala la necesidad de identificar un ciclo de gestión de la colaboración. Se trata de un ciclo autorregulado y homeostático (que tiende a mantener las propiedades) en el que se pueden identificar cuatro fases. Las que se describen a continuación no se tienen que presentar necesariamente en sistemas desarrollados, sino que más bien se tratan de “fases ideales”, que se enumeran a continuación.

**Fase 1. Recolección de datos relativos a la interacción.** Se registran las acciones de los usuarios, como por ejemplo, usuario1 hace clic sobre el botón de OK, usuario2 se desconecta de la sesión, etc. para ser procesadas a medida que son generadas (on-line) o más tarde (off-line).

**Fase 2. Construcción de un modelo de interacción.** En esta fase se construye un modelo en base a indicadores de alto nivel que representan el estado actual de la interacción. Este modelo es instanciado con los datos obtenidos en el primer paso. Por ejemplo, un indicador que compare los niveles de participación de dos estudiantes podría indicar la simetría de la participación.

**Fase 3. Comparar el estado actual de la interacción con el estado deseado.** El objetivo de construir un modelo de interacción es poder compararlo con el modelo “ideal” y obtener un diagnóstico de la interacción. Un modelo deseado podría ser uno en el que se produce un número de interacciones elevado, las intervenciones son detalladas, se llegan a acuerdos con frecuencia y la participación es equitativa.

**Fase 4. Aconsejar y guiar la interacción.** La finalidad última de proporcionar soporte a las interacciones es guiar y aconsejar al estudiante en el proceso de aprendizaje, poniendo remedio al desajuste entre el estado actual de la interacción y el estado deseado. Algunas de las

acciones podrían llevarse a cabo sin más que inspeccionar alguna variable del modelo de estados y mostrando mensajes del tipo “Tú no has participado suficiente”. Otras acciones podrían requerir algún tipo de cálculo más sofisticado.

De acuerdo a este modelo, se pueden clasificar los sistemas CSCL dependiendo de las fases del ciclo de gestión de la colaboración a las que dan soporte (Jermann y otros, 2001). De esta forma podemos distinguir tres tipos de sistemas, que mostramos a continuación.

**Sistemas que reflejan acciones.** Es el soporte más básico a las interacciones que puede ofrecer un sistema y consiste en notificar las acciones de un alumno al resto. Esto implica una diferenciación entre las acciones que son establecidas como visibles a todos los demás (públicas) y aquellas que pertenecen al ámbito privado.

**Sistemas que monitorizan el estado de la interacción.** Estos sistemas soportan las fases 2 y 3 del ciclo de gestión de la colaboración. Dentro de este grupo cabe distinguir dos categorías:

- sistemas que dan valores a un conjunto de indicadores a partir de los datos recogidos a partir de la interacción y los muestran a los participantes, de quienes se espera que realicen las acciones oportunas, y
- sistemas que internamente comparan el estado actual de la interacción a un modelo de interacción ideal, pero no revelan esta información a los participantes, de forma que esta información sea utilizada posteriormente por un agente *coach* o por un equipo de expertos dispuestos a analizar “manualmente” la secuencia de la interacción .

**Sistemas que ofrecen consejo.** Bajo este tipo de sistemas se agrupan todos los sistemas que analizan el estado de la colaboración usando un modelo de interacción y ofrecen consejo destinado a incrementar la efectividad del proceso de aprendizaje. Los consejos pueden tener que ver con *aspectos estrictamente colaborativos* (distribución de roles entre estudiantes, igualdad de participación o llegar a una comprensión común) o *aspectos sociales o relacionados con la tarea* (calidad de la conversación).

## 4. Soporte al análisis de la colaboración

De acuerdo a el modelo de proceso de la colaboración visto anteriormente, en los últimos cinco o seis años se han desarrollado sistemas CSCL que analizan y dan soporte a la colaboración, cubriendo las fases tercera y cuarta del proceso de colaboración (ver sección 4). Como se ha visto, en estas fases se construye un modelo a partir de las interacciones y se compara con uno ideal. Para ello, existe un amplio margen de técnicas y modelos relacionados con la Inteligencia Artificial que pueden aplicarse satisfactoriamente. En esta sección se enumeran estas técnicas, examinando los sistemas que las han aplicado con más éxito e indicando sus principales logros. La ordenación elegida sigue un criterio más o menos cronológico, si bien es verdad que la mayoría de los sistemas que se enumeran han sido desarrollados en los últimos tres o cuatro años.

### Máquina de estados finita.

Una manera directa de modelar un sistema es utilizar una máquina de estados finita, en la que se especifican los estados que puede alcanzar el sistema, las acciones asociadas a un estado y las transiciones que llevan de un estado a otro.

El primer sistema que utilizó un modelo de este tipo fue Coordinator (Flores y otros, 1988). Era un sistema conversacional, que modelaba los actos de habla siguientes mediante la matriz de transiciones de la máquina de estados. De esta forma, los actos de habla permitidos, que se seleccionaban mediante menús, variaban a medida que avanzaba la interacción, guiando de esta forma al alumno.

GroupLeader (McManus y Aiken, 1995) empleaba cuatro máquinas de estados finitas, cada una de ellas destinada a monitorizar distintos tipos de conversaciones: comentarios, peticiones, promesas y debates. Una vez que analizaba las secuencias de interacción ofrecía al alumno información sobre su confianza, liderazgo, creatividad para crear controversia, y habilidades para la comunicación. Group Leader introduce los comienzos de frases (sentence openers) agrupados por categorías, de forma que los alumnos no se ven obligados a seleccionar un tipo de acto de habla, si no más bien un comienzo de frase del tipo “Yo pienso que”, o “Las ventajas de esta idea son”.

Otros sistemas combinan máquinas de estados finitas con otras técnicas más o menos simples, aunque muy valiosas al explorar de una manera original nuevos caminos en el estudio de las interacciones.

El sistema iDCLE (Inaba y Okamoto, 1997) es un sistema conversacional que, además de emplear una máquina de estados finita, también se apoya en funciones de utilidad. Las funciones de utilidad se encargan de modelar numéricamente la intencionalidad o deseo de alcanzar un determinado estado. Por ejemplo, para evaluar la actitud de un alumno se tenía en cuenta la cantidad de compañeros de su grupo que se adherían a sus propuestas.

DEGREE (Barros et Verdejo, 1999) es un sistema asíncrono conversacional. Los alumnos podían seleccionar el tipo de contribución (propuesta, contrapropuesta, pregunta, aclaración o comentario). Las posibles contribuciones que podían realizarse a partir de una contribución venían dadas por una máquina de estados finita. La máquina de estados permite estructurar la conversación para poder analizarla después, asociando a cada contribución valores para cuatro atributos (iniciativa, creatividad, elaboración y conformidad). Además de calcular estas variables, se tenían en cuenta otras que eran resultado inmediato de la interacción de los alumnos (número de contribuciones realizadas o tamaño de sus contribuciones). Otras variables eran inferidas de las anteriores, utilizando un método de inferencia basado en lógica difusa.

## **Sistemas basados en reglas**

Los sistemas basados en reglas es el modelo usado en los Sistemas Tutores Inteligentes (Intelligent Tutoring Systems). Los Sistemas Tutores Inteligentes alcanzaron protagonismo al final de los 80 y en los primeros años de los 90, motivado por el auge anterior de los sistemas expertos. Algunos sistemas como GRACILE (Ayala y Yano, 1998) emplean reglas para modelar las creencias de los alumnos, y así poder proponer nuevas tareas de aprendizaje que favorezcan el potencial de aprendizaje del alumno.

## **Árboles de decisión**

Los árboles de decisión se emplean para clasificar o etiquetar elementos o situaciones, mediante nodos que contienen pares valor/atributo. En el caso de situaciones, vamos a querer saber si una situación es etiquetada como ganadora o perdedora. Además, los árboles de

decisión pueden “aprender” a través de nuevos registros que contienen nuevos conjuntos de pares valor/atributo que representan nuevas situaciones.

El sistema COLER (Constantino-González y Suthers, 2000) guía a los estudiantes en el aprendizaje del modelado de diagramas Entidad/Relación. El sistema emplea árboles de decisión para aconsejar al grupo teniendo en cuenta tanto interacciones relativas a la tarea como las relativas a la colaboración. Este sistema emplea también un espacio de trabajo compartido donde los alumnos añaden o modifican elementos del modelo Entidad/Relación que están diseñando.

## **Reconocimiento de planes**

El reconocimiento de planes es el proceso inverso de la síntesis de planes o planificación (STRIPS, ABSTRIPS, etc.). Muelhenbrock (2000) utiliza técnicas de reconocimiento de planes para reconocer actividades a partir de acciones situadas en un contexto. El objetivo del análisis es identificar qué patrones de acciones conllevan coordinación y cuáles conflicto. Los patrones de interacciones son obtenidos realizando una correspondencia entre las acciones realizadas en el espacio de trabajo compartido y los pasos correspondientes a un plan jerárquico parcialmente ordenado. La naturaleza jerárquica de los planes permite generalizar las acciones individuales de los usuarios a actividades de resolución de problemas (como creación de conflicto, revisión, comparación, etc.). Mediante este método se muestra que es posible diferenciar entre fases de actividad constructiva y no constructiva en la resolución de un problema. El trabajo de Muelhenbrock se ha desarrollado dentro de un sistema más amplio que ofrece varios dominios de problema.

## **Aprendizaje supervisado**

También se han desarrollado sistemas basados en modelos de aprendizaje que utilizan entrenamiento. Es el caso de modelos como las redes neuronales o las cadenas ocultas markov (Hidden Markov Model). En el caso de HMM, estos sistemas utilizan uno o varios modelos de varios estados. Los pesos de las cadenas de Markov son establecidos entrenándolas previamente con secuencias de interacciones del tipo que pretende modelar cada cadena (por ejemplo, una cadena podría modelar conflicto, otra transferencia efectiva de conocimiento, etc.). Una vez las cadenas son entrenadas, la secuencia de interacciones recogidas en la colaboración resultará en una mayor probabilidad en alguna de ellas, y el sistema realizará el guiado de la interacción, bien guiando la colaboración para hacerla más efectiva o bien para indicar la correcta consecución de la colaboración. Un trabajo en esta línea es el realizado en (Soller, 2002), dando como resultado el sistema EPSILON.

## **Aprendizaje de patrones de interacción**

El sistema SHERLOCK 2 (Katz, y otros, 1999) es un tutor inteligente que asiste a los alumnos de aeronáutica en el aprendizaje de fallos electrónicos y cómo remediarlos. El sistema tiene dos módulos que aprenden, uno, reglas (String Rule Learner) y otro, gramáticas (Grammar Learner). Los dos módulos aprenden patrones de actos de habla de segmentos de diálogo que direccionan un objetivo pedagógico.

El módulo encargado de aprender patrones (String Rule Learner) encontró reglas que caracterizaban ciertas partes del curso de aprendizaje. Así, por ejemplo, se encontró que las

explicaciones sobre la funcionalidad de un sistema siempre comienzan con acto de habla de *indentificación* o *información*. El módulo *Grammar Learner* aprendía patrones más generales, en forma de gramáticas libres de contexto probabilísticas, en las que por ejemplo, se establecía que las explicaciones sobre la funcionalidad de un sistema no sólo comenzaba con un acto de información, sino que además podía incluir una descripción causal u otro acto de información seguido por un acto de predicción.

## Agentes

Son varios los sistemas que basan su arquitectura en sistemas multiagentes. DALIS (Muelhenbrock, 2000) es un agente que conversa con el resto de la arquitectura para reconocer planes de actividades en las acciones que se producen en un espacio compartido. Otras aproximaciones que emplean el concepto de agencia en esta línea son GRACILE (Ayala y Yano, 1998), LeCS (Rosatelli, Self, and Thirty, 2000) y COLER (Constantino-González y Suthers, 2000). Sin embargo, en estos sistemas el concepto de agencia está caracterizado en parcialmente, y se echa de menos la caracterización de alguna propiedad más (autonomía, habilidad social, reactividad, proactividad, continuidad temporal, guiado por objetivos, movilidad, benevolencia, racionalidad o adaptabilidad).

## Ontologías

Una ontología es una conceptualización en la que se hacen explícitos conceptos, significados y las relaciones semánticas entre ellos. En (Mizoguchi y Bordeau, 2000) se señala el uso de las ontologías para abordar el diseño de sistemas que emplean inteligencia artificial en la educación. El uso de ontologías son beneficia a un sistema instruccional en los siguientes aspectos:

**Inteligencia.** Mejora el proceso de autoría de conocimiento, que es una forma de adquisición de conocimiento (KA).

**Conceptualización.** Es el punto fuerte de las ontologías.

**Estandarización.** Facilita compartición de elementos (vocabularios comunes, por ejemplo).

**Convivencia con teorías subyacentes.** La existencia de conocimiento dependiente del dominio a veces ignora las teorías subyacentes. La teoría proporcionada por una ontología no oculta a otras teorías.

El empleo de ontologías en el modelado de tareas permite especificar el conocimiento sobre la tarea de forma independiente del dominio y detallar sobre qué conceptualización está basado el conocimiento. Para ello una ontología especifica tres niveles semánticos::

**Nivel 1:** Una colección estructurada de términos utilizando la relación es-un.

**Nivel 2:** un conjunto de relaciones es-un y parte-de, y los axiomas que deben cumplir los conceptos.

**Nivel 3:** un modelo funcional que utiliza los conceptos definidos en los niveles anteriores.

FITS/CL (Inaba y otros, 2000) es un sistema multiagente que emplea una ontología para representar las relaciones de los componentes del grupo. Soporta la idea de “Formación de Grupo Oportunista”, que consiste en la formación de grupos dinámicamente, indicando a los alumnos cuándo pasar de un marco de aprendizaje individual a uno colaborativo, y estableciéndoles un rol y un objetivo individual consistentes con el objetivo global del grupo.

Los conceptos representados en la ontología forman parte de algunas de las distintas teorías educativas (aprendizaje observacional, constructivismo, aprendizaje autorregulado,

aprendizaje situado, cognición situada, teoría socio cultural, etc.) y forman la “Ontología de Aprendizaje Colaborativo”. Una parte de ésta es la “Ontología del Objetivo de Aprendizaje”. La ontología proporciona cinco conceptos primitivos: disparador, material de aprendizaje, escenario de aprendizaje, grupo de aprendizaje, y objetivo de aprendizaje, de los cuáles el último es el más importante. Los objetivos de aprendizaje pueden ser de tres tipos: objetivo individual, objetivo ligado al objetivo de otro estudiante y objetivo de grupo. La ontología define una variedad de objetivos de los tres tipos, de manera que se pueden construir objetivos compuestos mediante relaciones parte-de y es-un. En la estructura de un objetivo de aprendizaje se agrupan roles (primario, secundario), grupos y otros objetivos.

## Redes bayesianas

Las redes bayesianas son un método válido para modelar situaciones de aprendizaje y representar las relaciones causales entre estas situaciones en un gráfico. Una red bayesiana es un grafo dirigido formado por nodos y arcos. Los nodos representan la probabilidad de un conjunto de variables, variables que vienen dadas por los arcos que confluyen en el nodo, con una probabilidad determinada.

El sistema propuesto por Ou et al. (2000) utiliza un modelo de redes bayesianas para inferir variables de una experiencia de aprendizaje en grupo basada en Web. Con ello se pretende predecir en la medida de lo posible la efectividad del aprendizaje de un curso de un semestre antes de que éste concluya. Para ello se emplea la información almacenada en el log del sistema, y de la que deberá inferirse información que revele datos sobre la interdependencia social del grupo (objetivo, premios, roles e interdependencias entre tareas).

La red bayesiana representa el Espacio de Variables (FS) del grupo y los arcos representan las probabilidades entre dos FSs. Algunos ejemplos de nodos del FS son: *Learning Failed*, *Homework Late Submitting*, *Less discussing*, etc. Los arcos fueron calculados por un clasificador bayesiano, *Bayesian Knowledge Discoverer* (BKD). BKD utiliza como entrada el Espacio de Variables, los perfiles y las carpetas de los alumnos, las estadísticas de los accesos on-line y la situación de la conversación y la salida será una red bayesiana. Después se ha de escoger un subconjunto del FS que sea útil para predecir el éxito del aprendizaje, y después realizar el aprendizaje con datos de experiencias pasadas, para finalmente disponer de los datos de la predicción en tiempo real.

## Mapas conceptuales

Los mapas conceptuales son un tipo de lenguaje visual en el que una parte del significado se infiere de su representación gráfica. Los elementos de un mapa conceptual suelen ser nodos de distinto tipo y arcos que unen esos nodos con algún significado. En algunos casos, detrás de la representación gráfica existe algún modelo que complementa la semántica de los mapas conceptuales, como pueden ser los Grafos Conceptuales (Sowa, 1999), o redes basadas en creencias.

El sistema pionero en el empleo mapas conceptuales fue Belvedere (Suthers et Jones, 1997) y utilizaba redes basadas en creencias para evaluar los mapas conceptuales. Los nodos eran hechos o hipótesis, y los arcos consistían en apoyos o refutaciones de los hechos a las hipótesis.

El sistema Sharlock II (Ogata et al., 1999) introduce el término de Knowledge Awareness (Consciencia del Conocimiento) del grupo. El mapa queda visible a todos los

participantes, de manera que adquieren consciencia del conocimiento del grupo, ordenado por los alumnos que lo poseen y por categorías.

## 5. CollabReport: utilización de un grafo conversacional para guiar las interacciones

En instituciones de educación a distancia como la UNED la realización de prácticas de asignaturas que requieren trabajo de laboratorio se organizan mediante turnos a los que asisten los alumnos. El trabajo de laboratorio se concentra en varias sesiones en la mitad del curso y los alumnos desarrollan la práctica, cuya documentación ha sido entregada con suficiente antelación, de forma que haya podido ser estudiada. Para realizar las sesiones, los alumnos han de desplazarse desde varios puntos a Madrid y han de seguir las pautas explicadas en el guión de la práctica. Una vez que han finalizado las sesiones de laboratorio, el alumno debe realizar una memoria individual que responda a cuestiones planteadas en el guión de la documentación y que explique los procesos seguidos para resolver cada apartado de la práctica.

Mediante el empleo de las nuevas tecnologías podemos crear entornos virtuales o mejorar los ya existentes para la enseñanza de materias científicas en un contexto de enseñanza a distancia. De esta forma podemos “alargar” el periodo de laboratorio de manera que se éste se halle el mayor tiempo posible solapado con la parte teórica de la asignatura. Existen varias aproximaciones para un posible diseño de un marco experimental que aborde soluciones a estas limitaciones. El grupo LTCS de la UNED ha desarrollado una plataforma colaborativa para la impartición telemática de enseñanzas experimentales desde una perspectiva centrada en el usuario llamada Active Document (Verdejo y otros, 2002). Este entorno organiza la realización de la práctica en tres fases: 1) *prelaboratorio*, en la que se pretende motivar y contextualizar al alumno, 2) *laboratorio*, que comprende las sesiones presenciales de laboratorio y 3) *postlaboratorio*, que define la tarea de realización de una memoria en grupo. En este entorno se ha desplegado un curso prototipo de la asignatura Química Orgánica en el que se ha incluido la herramienta que presentamos en este artículo, y que se usa en la fase de *postlaboratorio*.

La realización de una memoria, ya sea individualmente o en grupo, generalmente implica partir de cero, o de notas tomadas en el guión o en un cuaderno, que en cualquier caso hay que reescribir. La plataforma Active Document (Verdejo y otros, 2002), tanto en sus fases de prelaboratorio como de laboratorio, facilita mecanismos para la recolección y almacenamiento de datos. Para facilitar la visualización de los resultados guardados, se ha desarrollado una herramienta que permite visualizar los objetos más adecuados a cada usuario para la tarea la tarea de reflexión propuesta.

La interfaz gráfica (ver figura 1) proporciona un espacio de trabajo estructurado en el que se diferencia una parte privada (indicado con ①) y otra pública ②. La parte privada proporciona facilidades de edición textual y de acceso multimedia ③. Una vez que se ha elaborado una contribución se ha de marcar con una de las etiquetas ④ (*Proposal, Criticism, Question, Answer, Agree*) y hacerla disponible a la parte pública haciendo drag-and-drop ⑤ a la contribución del documento compartido a la que queremos responder. Una paleta ⑥ permite la visualización de la memoria a través de varias vistas, que habilitan mecanismos de *awareness* que permiten al alumno conocer la información sobre las aportaciones así como la existencia de nuevas contribuciones y los autores de las mismas. Las vistas proporcionadas, señaladas en ⑦, se corresponden con:

- 1) *Plain*, presenta la memoria como un documento plano debidamente formateado, y es la vista de la memoria lista para entregar o imprimir,

- 2) *Threaded*, muestra el documento estructurado en hilos de conversación, con información semántica sobre cada aportación: el tipo de la contribución (Proposal, Criticism, etc.), autor, fecha y hora de publicación, etc.
- 3) *Tree*, ofrece una vista en árbol de la memoria. El documento, organizado en árbol desplegable, muestra información relevante como, por ejemplo, el tipo de la contribución (Proposal, Criticism, etc.), autor, fecha y hora de publicación, etc. Los nodos, que pueden expandirse o contraerse, muestran los valores y sus atributos, de manera que pueden inspeccionarse libremente los nodos que forman el modelo.

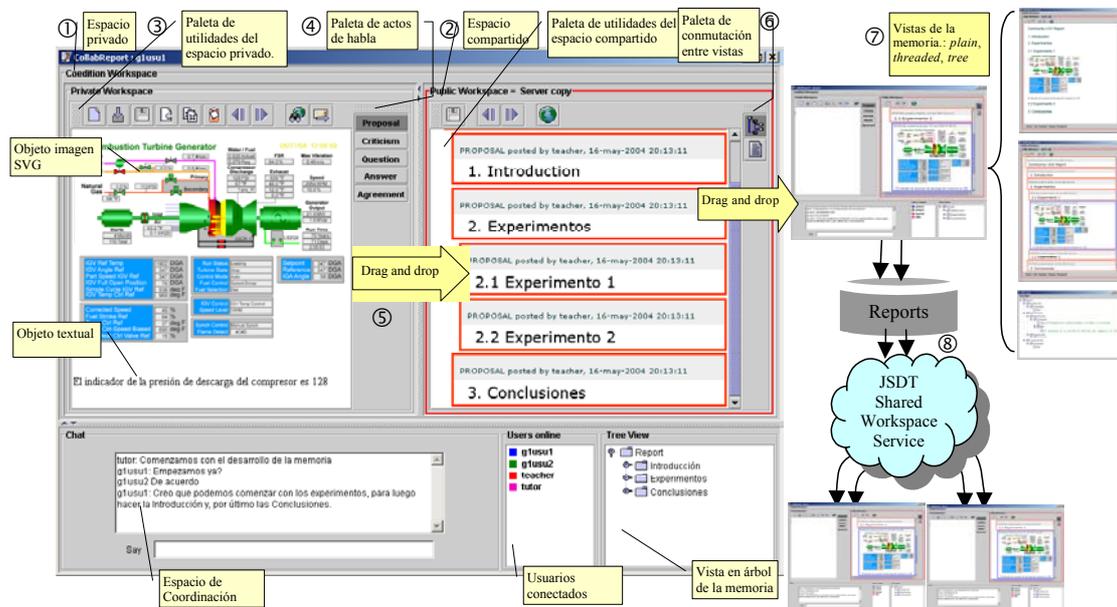


Figura 1. Interfaz gráfica para la realización colaborativa de una memoria, con la plantilla de la memoria

Por otra parte, la acción de *drag and drop* lleva implícita la actualización de la memoria en el Repositorio de Memorias (Reports). Después, el servicio de sincronización de espacios compartidos (Ⓢ) se encarga de notificar a los demás usuarios la nueva aportación de manera que el espacio compartido presenta en todos los usuarios los mismos objetos.

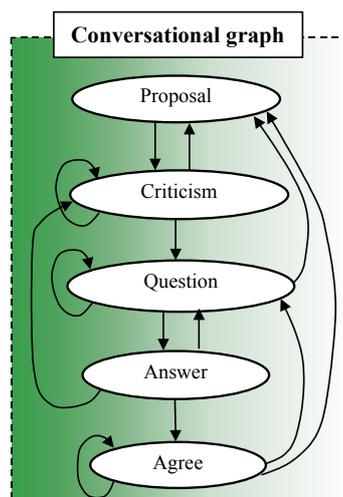


Figura 2. Definición del grafo conversacional mediante un diagrama de estados.

Para guiar la interacción se ha propuesto un modelo argumentativo cuyo grafo conversacional aparece en la figura 2. Un grafo conversacional en una máquina de estados finita que modela el diálogo que se sucede entre los interlocutores. Los interlocutores, ente este caso

los alumnos, pueden etiquetar sus objetos –contribuciones- como: 1) *Proposal*, para indicar que el contenido realiza una aportación novedosa, 2) *Criticism*, una crítica a la contribución que responde, 3) *Question*, una pregunta a la contribución sobre la que se hace, 4) *Answer*, una respuesta a la contribución que responde, y 5) *Agreement*, indica que el participante que la ha efectuado quiere llegar a un acuerdo. El conjunto de etiquetas puede ser configurado en la herramienta. Los nodos del grafo (figura 2) corresponden a las etiquetas consideradas y las transiciones modelan la secuencia de los diálogos de los alumnos.

## 6. Conclusiones

Este artículo ha pretendido centrarse en el análisis de la colaboración. Más concretamente, el soporte proporcionado para realizar este análisis, para lo cual se ha de construir un modelo empleando alguna técnica de Inteligencia Artificial.

Debido a que la colaboración es un fenómeno complejo no existen resultados concluyentes sobre su caracterización. La mayoría de los trabajos, no obstante, resultan aproximaciones válidas para intentar entender la colaboración como un proceso. Varios de estos trabajos separan la colaboración en dos fases claramente diferenciadas, ya sea modeladas como un proceso continuo y retroalimentado, o secuencializadas: 1) realización de la experiencia y 2) análisis de las interacciones de los usuarios. Otros autores señalan la existencia de un ciclo autorregulado y homeostático en el que se pueden identificar cuatro fases: 1) Recolección de datos, 2) construcción de un modelo de interacción, 3) comparación del estado actual de la interacción con el estado deseado y aconsejar y guiar la interacción. Atendiendo a este hecho, se pueden clasificar los sistemas que dan soporte a la interacción dependiendo de las fases que proporcionan.

En los últimos cinco o seis años se han desarrollado sistemas CSCL que analizan y dan soporte a la colaboración. Podemos diferenciar varias maneras de modelar el proceso de la colaboración, dependiendo de la técnica de Inteligencia Artificial empleada. En este trabajo se han identificado al menos las siguientes técnicas: Máquina de estados finita, sistemas basados en reglas, árboles de decisión, reconocimiento de planes, aprendizaje supervisado, aprendizaje de patrones de interacción, agentes, ontologías, redes bayesianas y mapas conceptuales. Actualmente, el grupo LTCS del departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos está desarrollando herramientas que ofrecen soporte a la colaboración en el marco de enseñanzas experimentales a distancia. El trabajo que presentamos aquí, concretado en la herramienta CollabReport, ofrece guiado de las interacciones para la realización de memorias o informes mediante un tipo de máquina de estados finita.

## Referencias

- Ayala, G. & Yano, Y. (1996). Learner Models for Supporting Awareness and Collaboration in a CSCL Environment. Intelligent Tutoring Systems, Proceedings of the Third International Conference ITS 96, Montréal, Canada, June 1996, Claude Frasson, Gilles Gauthier and Alan Lesgold (Eds.), Lecture notes in computer science 1086, Springer Verlag 1996, pp. 158-167
- Ayala, G., & Yano, Y. (1998). A collaborative learning environment based on intelligent agents. *Expert Systems with Applications*, 14, 129-137.
- Barros, B and Verdejo F. (1999). An approach to analyse collaboration when shared structured workspaces are used for carrying out group learning processes. AIED'99. *Lemans (July, 1999)*
- Bellamy, R.K.E. (1996) Designing Educational Technology: Computer-Mediated Change en Nardi, B.A. (Editor) Context and Consciousness. Activity Theory and Human-Computer Interaction, MIT Press., pp. 123-146.
- Constantino-Gonzalez, M., and Suthers, D. (2000). A coached collaborative learning environment for Entity-Relationship modeling. Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems, Montreal, Canada, 324-333.
- Dillenbourg, P., Baker, H.P.M., Blaye, A. & O'Malley (1995) "The evolution of research on collaborative Learning" en (Reimann & Spada, 1995).
- Doise W., Mugny G., y Perret-Clermont, A. *Social Interaction and Cognitive Development: Further Evidence*. European Journal of Social Psychology, 6: 245-247, 1976
- Edelson, O'Neil (1994). The CoVis Collaboratory Notebook: Supporting Collaborative Scientific Inquiry.
- Flores, F., Graves, M., Hartfield, B., & Winograd, T. (1988). Computer systems and the design of organizational interaction. *ACM Transactions on Office Information Systems*, 6(2), 153-172.
- GRACILE <http://mail.udlap.mx/~ayalasan/gracile.html>
- Hoppe et al. (2000). Distributed Visual Language Environments for Cooperation and Learning: Applications and Intelligent Support. In journal Group Decision and Negotiation (Kluwer), vol. 9, no. 3 (May 2000)
- Inaba, A., y Okamoto, T. (1996). Development of the intelligent discussion support system for collaborative learning.. *Proceedings of ED-TELECOM '96*, Boston, MA, 137-142.
- Inaba, A., Supnithi, T., Ikeda, M., Mizoguchi, R., & Toyoda, J. (2000) How Can We form Effective Collaborative Learning Groups? -- Theoretical justification of *Opportunistic Group Formation*" with ontological engineering --, to appear, <http://www.ai.sanken.osaka-u.ac.jp/inaba/Doc/its2k-cr.pdf>
- Jeong, H. (1998). Knowledge co-construction during collaborative learning. Unpublished Doctoral Dissertation. University of Pittsburgh, PA.
- Jermann, P., Soller, A., & Muehlenbrock, M. (2001). From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. En Proceedings of the First

European Conference on Computer-Supported Collaborative Learning, Maastricht, The Netherlands, 324-331.

Katz, S., Aronis, J., y Creitz, C. (1999). Modelling pedagogical interactions with machine learning. *Proceedings of the Ninth International Conference on Artificial Intelligence in Education*, LeMans, France, 543-550.

Mizoguchi, R., & Bourdeau, J. (2000) Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems, *IJAIED*, 11, to appear

Mizoguchi, R. et al.(2000) Using Ontological Engineering to Overcome Common AI-ED Problems, *IJAIED*, 11, to appear

Mühlenbrock, Martín, Ulrich Hoppe (2000) Computer Supported Interaction Analysis of Group Problem Solving.

Mühlenbrock, M. (1999). Muehlenbrock, M. (2001). Action-based Collaboration Analysis for Group Learning. IOS Press, Amsterdam.

Neuwirth, C.M., Chandhok, R., Kaufer, D.S., Morris, J. H., Erion, P., & Miller, D. (2003). Computer supported collaborative writing: A coordination science perspective. In G.M. Olson, T.W. Malone & J.B. Smith (Eds.), *Coordination Theory and Collaboration Technology*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Ou, K., Lui, C., Huang, J. & Chen, G. (2000) Tracking and Guiding Tools for Learning Groups in a Web Collaborative Learning System, in *ICCE'2000, Taipei*, pp. 259-266.

Hoppe,U, Ganer, K., Mhlenbrock, M., & Tewissen, F. (2000) "Distributed Visual Language Environments for Cooperation and Learning: Applications & Intelligent Support. *In Journal Group Decision and Negotiation*, 9(3).

McManus, M. and Aiken, R. (1995). Monitoring computer-based problem solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 6(4), 307-336.

Mühlenbrock M., Hoppe U. (1999). Computer Supported Interaction Analysis of Group Problem Solving. *In CSCL '99*

Mizoguchi, R., y Bourdeau, J. (2000). Using ontological engineering to overcome common AIED problems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 11, 107-121.

Ou, K., Lui, C., Huang, J. & Chen, G. (2000) Tracking and Guiding Tools for Learning Groups in a Web Collaborative Learning System, in *ICCE'2000, Taipei*, pp. 259-266.

Ogata H., Imai, K., Matsuura K., Yano, Y. (1999) Knowledge Awareness Map for Open-ended and Collaborative Learning on World Wide Web. *ICEE 99*

Rosatelli, M., Self, J., and Thirty, M. (2000). LeCs: A collaborative case study system. *Proceedings of the 5th International Conference on Intelligent Tutoring Systems*, Montreal, Canada, 242-251.

Soller, A. (2002). Computational Analysis of Knowledge Sharing in Collaborative Distance Learning. Doctoral Dissertation. University of Pittsburgh.

Sowa, J. F. (1999). *Conceptual Graph Standard*,  
<http://www.bestweb.net/#sowa/cg/cgdpans.htm>, 1999.

Suthers, Dan and Jones Dan (1997). An architecture for intelligent collaborative educational systems. In *Proceedings of the Eight World Conference of the Artificial Intelligence in Education Society (AIED-97)*, Kobe, Japan, August 19--22 1997.

Suthers, Daniel D. (2000). Initial Evidence for Representational Guidance of Learning Discourse.

Schwartz, D. (1999). The productive agency that drives collaborative learning. In P. Dillenbourg (Ed.), *Collaborative Learning: Cognitive and Computational Approaches* (pp. 197-218). Elsevier Science.

Tewissen F., Baloian N.A., Hoppe U., Reimberg E.. (2000). MatchMaker, Synchronising Objects in Replicated Software-Architectures. In *Proceedings of 6<sup>th</sup> International Workshop on Groupware CRIWG 2000*, Madeira, Portugal, 18-20 October 2000, IEEE CS Press.

Verdejo M. F., Barros B., Read T. , Rodríguez-Artacho M.(2002) "A System for the Specification and Development of an Environment for Distributed CSCL Environments" *Intelligent Tutoring Systems, 6th International Conference, ITS 2002*(Cerri, S., Gouardères, G., Paraguaçu,F.) LNCS, Springer-Verlag.

Vygotsky, L. (1878). *Mind in society*. Cambridge, MA.: Harvard University Press.