

CONSTRUCCIÓN Y EVALUACIÓN DE SISTEMAS TUTORIALES INTELIGENTES PARA LA EDUCACIÓN SUPERIOR

*Demetrio Arturo OVALLE CARRANZA

**Rubén Darío OSORIO GIRALDO

UN-GIDIA (Grupo de Investigación y Desarrollo en Inteligencia Artificial,
Reconocimiento de Patrones e Informática Educativa)

Postgrado en Ingeniería de Sistemas

Facultad de Minas

* UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, Sede Medellín

e-mail: dovalle@perseus.unalmed.edu.co

** UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

e-mail: rdosorio@carios.udea.edu.co

RESUMEN

Este artículo presenta los aspectos más relevantes en el diseño, desarrollo y validación de DALTON, un Sistema Tutorial Inteligente (STI) que favorece la libre exploración y adquisición de los conceptos fundamentales y destrezas implicados en el Laboratorio de Química. La arquitectura de DALTON se describirá, con especial énfasis se abordará el diseño del módulo de simulación de experimentos químicos. Además, se explorarán las posibilidades del sistema para el modelamiento y evaluación del estudiante, bajo dos esquemas distintos de evaluación: evaluación formativa y evaluación sumativa, haciendo especial énfasis en la primera. Finalmente, se describirá y se darán los resultados obtenidos en el diseño experimental para la validación de DALTON, con el fin de medir su impacto significativo en el aprendizaje.

Palabras Clave: Informática Educativa, Diseño y Desarrollo de Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI), Evaluación de STI, Sistemas Hipermediales.

INTRODUCCION

Con el alto nivel de desarrollo que ha alcanzado la tecnología informática en esta última década, se hace cada vez más necesaria la utilización del computador como medio educacional que represente una alternativa de cambio positivo en los actuales modelos pedagógicos y una mejora significativa en el proceso de aprendizaje.

Desde un punto de vista cognoscitivo, el aprendizaje surge a través de la exploración o el descubrimiento en ambientes *abiertos* que le posibiliten al estudiante la creación de sus propios modelos de pensamiento y el desarrollo de sus capacidades de autogestión del acto de aprender

* *Esta investigación es patrocinada por el proyecto 1118-14-091-94 de Colciencias-U.Nal.: "Diseño y Desarrollo Metodológico de SBCs (Sistemas Basados en Conocimientos) distribuidos y cooperantes aplicados a la Ingeniería"*

[7]. Bajo este enfoque, la actividad educativa apoyada por el computador requiere de un cambio profundo en la actitud del docente y de la creación de sistemas que garanticen un proceso de enseñanza-aprendizaje que tenga en cuenta las diferencias individuales y que responda a las expectativas de los estudiantes.

En el caso particular del laboratorio de química, reviste especial importancia la preparación previa del estudiante a la actividad experimental. En este sentido, la *simulación* como *modelo* o simplificación de un determinado fenómeno de laboratorio, le puede ayudar al estudiante a una mejor comprensión de los fenómenos, a cómo controlarlos en forma efectiva o a decidir posibles cursos de acción frente a situaciones de inminente peligro. Los experimentos químicos simulados pueden *motivar* al aprendizaje, *estimular* al descubrimiento del conocimiento, *reforzar* la comprensión de los conceptos y ofrecer la posibilidad de *adquisición* de conocimientos nuevos [3]. Todo esto depende de las características del sistema que se diseñe para tal fin, de las necesidades que se pretenden satisfacer y de la manera como se implemente su utilización a nivel educativo.

Además de las ventajas de la simulación, los *Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI)* utilizan técnicas de *Inteligencia Artificial* y teorías modernas sobre el aprendizaje para ofrecer un ambiente que favorece una instrucción individualizada y adaptativa. En este sentido, si se piensa en la *integración* de un módulo de experimentos químicos simulados a un *Sistema Tutorial Inteligente (STI)*, se llegará a un sistema con unas características ideales para favorecer la libre exploración y adquisición de los conceptos fundamentales del laboratorio y para manejar inteligentemente la comunicación con el estudiante. La arquitectura de un sistema como el que se menciona es la que se describirá en el presente trabajo, el sistema DALTON, además de explorar sus posibilidades de modelamiento del estudiante y su impacto significativo en el aprendizaje.

ARQUITECTURA DEL *STI* DISEÑADO PARA DALTON

Un *Sistema Tutorial Inteligente* se puede considerar como “Un sistema computacional que está diseñado para impartir instrucción y evaluar los procesos de Enseñanza/Aprendizaje mediante la interacción con el estudiante” [9].

Los *STI* son una nueva forma de programación orientada a la Instrucción Asistida por Computador (*IAC*) con herramientas de *IA*. Su finalidad es tratar de hacer el papel de un profesor experimentado no solamente en la transmisión de conocimientos sino también en los aspectos pedagógicos y de comunicación interactiva con el estudiante.

Durante la década de los setenta se comienzan a desarrollar los primeros *STI* y a definir sus principales características. Los primeros teóricos de estos sistemas postularon que debían ofrecer algo más que una instrucción unidireccional o generar problemas, debían posibilitar un ambiente de aprendizaje *reactivo* es decir, un entorno en el que un *módulo instruccional* se encarga de la enseñanza y un *módulo tutorial* que oriente la instrucción a partir de los conocimientos, expectativas y conceptos erróneos del estudiante. Además, un *STI* debe ser capaz de hacer

hipótesis a partir de la historia de errores del estudiante con el fin de establecer la causa de las dificultades particulares en su aprendizaje.

Las técnicas de *IA* que se han venido utilizando para fortalecer los *STI* comprenden, entre otras, procesamiento del lenguaje natural, representación del conocimiento, métodos de inferencia y técnicas de aprendizaje, simplificación algebraica, integración simbólica, diagnóstico médico, solución de problemas y prueba de teoremas.

Para garantizar el mejoramiento del proceso enseñanza-aprendizaje, es necesario que el *STI* cumpla con algunas funciones [1]:

- *Interactuar* con el estudiante por medio de un diálogo de iniciativa *mixta*, es decir, donde tanto el estudiante como la máquina generen preguntas y esperen respuestas razonables uno del otro.
- *Indicar* al estudiante las estrategias apropiadas para enfrentar un problema en particular y *demostrar* la aplicación de dichas estrategias a problemas concretos.
- *Realizar hipótesis* basado en la historia de errores del estudiante, que es donde reside la fuente de las dificultades relacionadas con el aprendizaje.
- *Ser capaz* de resolver todos los problemas propuestos por el estudiante en el dominio específico del sistema, combinando técnicas algorítmicas y heurísticas.
- *Analizar y criticar* formativamente el desempeño del estudiante e *interpretar* su comportamiento desde la perspectiva del Experto (Profesor).
- *Elaborar* un modelo del estudiante y modificarlo continuamente con base en su desempeño durante el proceso de aprendizaje.

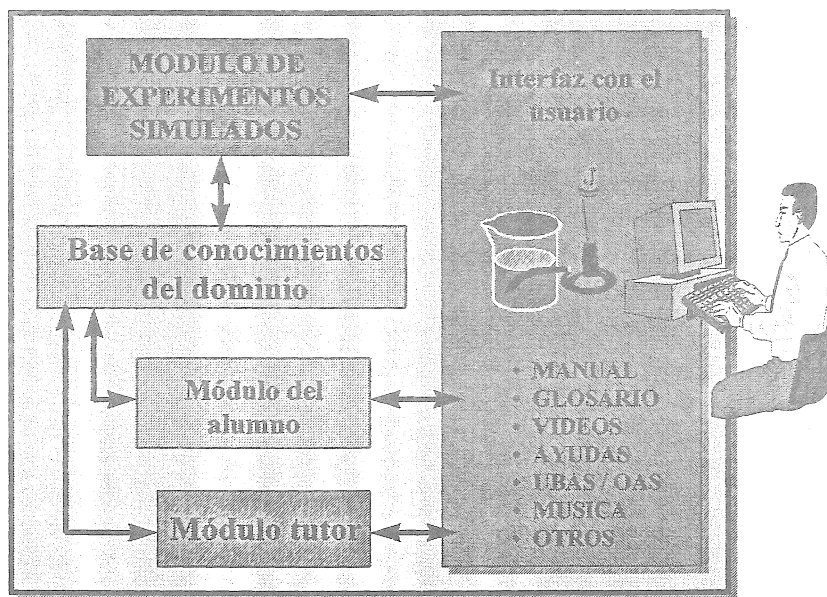


Figura 1. Arquitectura simplificada del *STI* en *Dalton*

La arquitectura del sistema tutorial inteligente DALTON, se basa en los siguientes módulos: *Base de conocimientos del dominio*, *Módulo pedagógico*, *Módulo del estudiante*, *Módulo de Simulación e Interfaz de comunicación con el usuario*. Esta configuración en cinco módulos es típica de la mayoría de *STI* y recoge las diferentes funciones que debe cumplir un sistema diseñado con propósitos educacionales [6].

Cada uno de los módulos cumple un objetivo específico el cual se describirá con algún detalle más adelante. Sin embargo, la arquitectura de un *STI* puede variar dependiendo del área del conocimiento al cual va a ser aplicado. En el caso de *Dalton* el énfasis radica en la *simulación* como proceso enriquecedor del aprendizaje [2] y es a partir de esta directriz que está estructurado el *STI* especialmente diseñado para el sistema (fig. 1).

Base de Conocimientos del Dominio

Contiene todos los conceptos propios del laboratorio de Química que se van a comunicar al estudiante con ayuda del módulo tutor. Cada experimento simulado se apoya en esta base de conocimientos para generar una imagen de gran riqueza visual que sea capaz de evocar en el estudiante un determinado concepto. Los conocimientos del dominio se han organizado en un conjunto de submódulos especialmente diseñados para responder a cada experimento en particular.

La mayor parte de los conceptos del dominio que integran cada submódulo se expresan directamente al estudiante a través de *movimientos* en la secuencia de animación. Esto significa que el estudiante debe estar en capacidad de *descubrir* cuál es el concepto *asociado* con un determinado suceso durante la escena simulada. Así por ejemplo, en el experimento denominado *tubo de rayos catódicos (tubodesc.bas)*, cuando el estudiante observa el rastro luminoso que los rayos dejan sobre una pantalla fluorescente y la naturaleza rectilínea del desplazamiento, debe estar en capacidad de concluir que: (a) *Los rayos catódicos son invisibles (observables sólo mediante materiales fluorescentes)*, (b) *Los rayos catódicos se propagan en línea recta*. Además, la dirección del haz desde el cátodo (-) hacia el ánodo (+) sugiere que los rayos catódicos se componen de partículas *negativas*. En resumen, la evolución del experimento suministra al estudiante las claves para evidenciar los conceptos a partir de la adecuada observación del fenómeno simulado, aspecto que es clave durante la experimentación del laboratorio real [4].

Módulo Pedagógico

También denominado *módulo didáctico o módulo tutor*, cumple con la tarea de diseñar, aplicar y evaluar el proceso de enseñanza. Aquí se genera el plan instruccional donde se deciden los *objetivos de aprendizaje (OA)* y las *unidades básicas de aprendizaje (UBA)* que deben alcanzarse durante la sesión de laboratorio. En *Dalton*, cada experimento es presentado *por etapas* de modo que el estudiante puede ir observando paso a paso el avance de la simulación.

Modelo del Estudiante

Este módulo consta de dos partes: *Base de conocimientos del estudiante* y *Gestor del estudiante*. Cuando se inicia la interacción, el Gestor del estudiante asume el control el cual es luego

retomado por el Tutor durante la sesión de experimentación. La fase de evaluación es controlada nuevamente por el Gestor.

- **Base de Conocimientos del Estudiante**

En esta base se almacena toda la información acerca del estudiante: datos personales y características del aprendizaje individual en cada experimento, representado en función de aquellas unidades básicas de aprendizaje (*Uba's*) que el estudiante debe reforzar. A medida que transcurre el proceso de aprendizaje, la base de conocimientos se va *modificando* con la nueva información que se detecta a partir de la evaluación del estudiante sobre el experimento que sigue de acuerdo con el plan instruccional. Nótese que toda consulta sobre esta base permite establecer el nivel de evolución del estudiante y su desempeño durante las diferentes sesiones, aspecto que es clave para la *replanificación* del aprendizaje. Además, para el profesor es muy importante el poder tener a su disposición la información global sobre el desempeño de todos sus estudiantes.

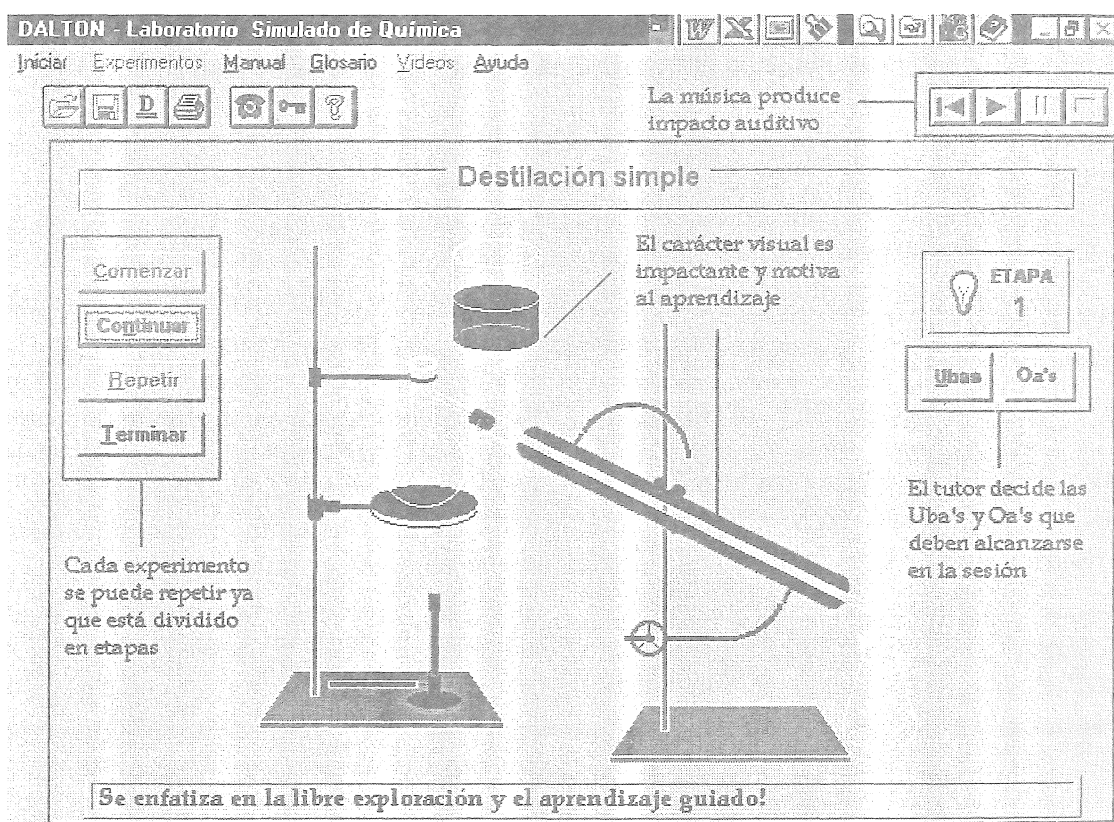


Figura 2. Interfaz con el usuario en *Dalton*

- **Gestor del estudiante**

Interpreta el desempeño del estudiante a partir de los errores que éste comete en la sesión de evaluación. En *Dalton* se tiene la opción de participar en todos los experimentos simulados *sin* que haya evaluación. Esta posibilidad se estableció para aquellos usuarios que sólo desean conocer el sistema y navegar libremente por él. Cuando el estudiante interactúa con *Dalton* bajo

la modalidad de evaluación, el módulo tutor se encarga de presentar cada experimento en el orden establecido según el plan instruccional. Una vez que la sesión de laboratorio finaliza, el gestor del estudiante se encarga de iniciar la sesión de evaluación, detectar los errores, replanificar el aprendizaje y actualizar la base de conocimientos del estudiante.

- **Interfaz con el usuario**

Tiene por objetivo comunicarse interactivamente con el estudiante, generar las preguntas adecuadas, interpretar las respuestas del estudiante e interactuar con los demás módulos del sistema (fig. 2).

DISEÑO DEL MÓDULO DE SIMULACIÓN

Este módulo, integrado al STI, consta de veinte (20) experimentos seleccionados, típicos de los cursos de *Laboratorio de Química General I y II* en el Departamento de Química de la Universidad de Antioquia. Cada experimento se estructuró y programó en *Visual Basic* utilizando técnicas de computación gráfica [5] y a través de una serie de etapas:

- **Componentes de la escena y sus coordenadas**

Cada experimento se compone de un conjunto de *elementos* de laboratorio cuyas coordenadas es necesario definir para poder estructurar la escena o montaje correspondiente al experimento (fig. 1). El elemento ocupa un sitio determinado dentro del montaje y es preciso establecer cuáles van a ser los *movimientos* que definirán la animación.

- **Representación en pantalla de la escena de laboratorio**

Una vez se han definido las coordenadas de cada elemento y su ubicación dentro de la escena, se obtiene una representación visual del montaje del experimento en pantalla. Dicho montaje representa la base para la simulación del fenómeno que se quiere estudiar (fig. 3).

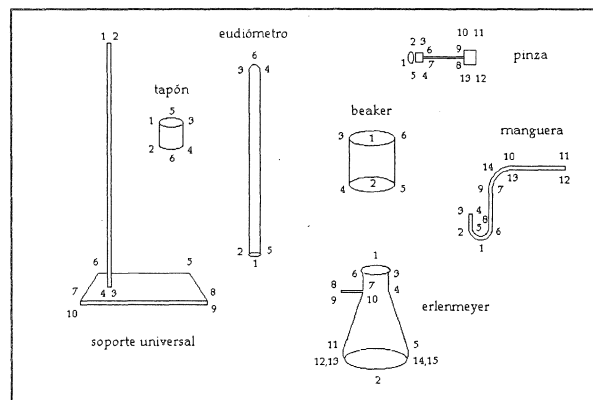


Figura 3. Elementos de un experimento típico

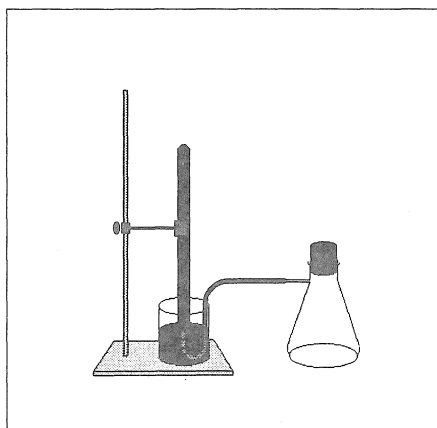


Figura 4. Escena de laboratorio base de la simulación

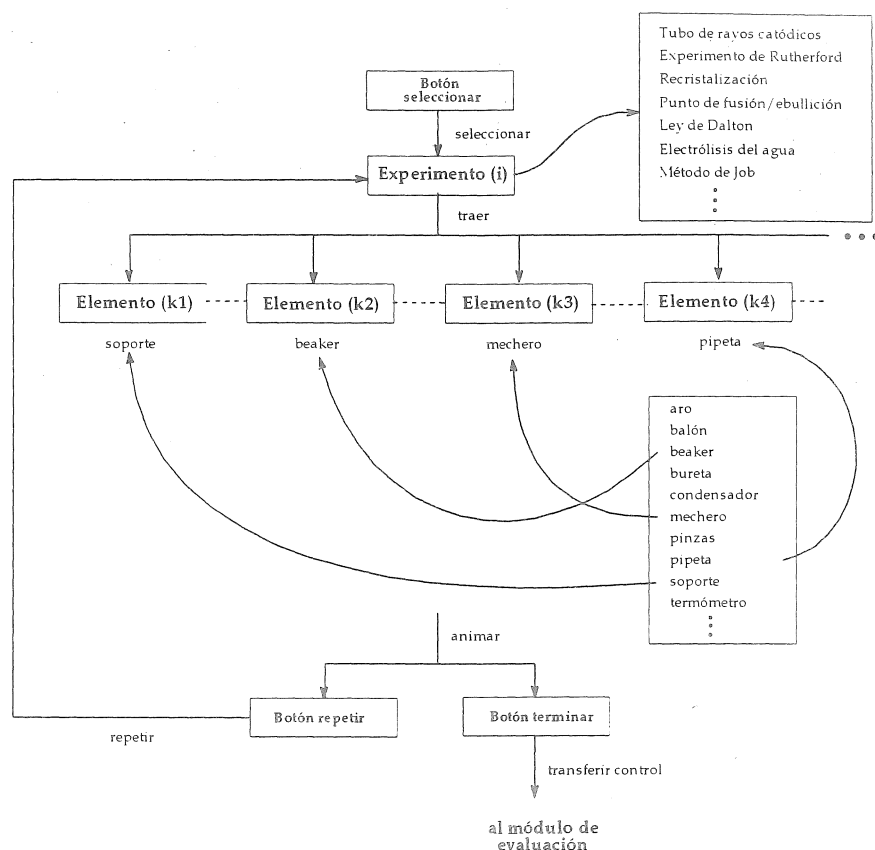


Figura 5. Metodología de diseño del módulo de simulación

• Integración de los experimentos simulados en un módulo

El módulo de simulación se estructuró como se muestra en la fig. 5. Una vez terminado, hace parte del *STI* especialmente diseñado para hacer de la simulación el eje central del proceso de aprendizaje.

• Integración del módulo de simulación al *STI*

El módulo de experimentos químicos simulados entra a formar parte de la arquitectura del *STI* que se diseñó para este proyecto. El sistema resultante, al cual hemos denominado *Dalton*, se constituye en una propuesta alternativa para mejorar significativamente el desempeño del estudiante durante la experimentación en química.

MÓDULO DE EVALUACIÓN EN *DALTON*

En la práctica docente tradicional se ha considerado que la evaluación es una función *aparte* del proceso de enseñanza-aprendizaje, dedicada exclusivamente a la *calificación* de los estudiantes. Sin embargo, la evaluación realmente es un *proceso* que juzga alternativas sobre todo el sistema, buscando una reinformación permanente a lo largo de todo el proceso con miras a asegurar el

logro de los objetivos instruccionales. En este sentido evaluación es sinónimo de *juicio* y se trata de evaluar con criterio de aprendizaje.

Para *Dalton* se han diseñado dos tipos de evaluación: evaluación *formativa* y evaluación *sumativa*, haciendo especial énfasis en la primera. La evaluación formativa está al tanto de todo el proceso instruccional y busca fundamentalmente realimentarlo y mantenerlo en su curso. La fase de evaluación se lleva a cabo según un proceso que comprende tres grandes etapas: (1) *Observación* (léase examen) del aspecto que se quiere evaluar, (2) *Comparación* de lo observado con los criterios del estado ideal y (3) *Información* de los resultados, la cual acostumbra a expresarse mediante una *calificación*. Nótese que la calificación es el acto de *comunicación* de los resultados de la evaluación y no debe confundirse con el proceso evaluativo. La evaluación formativa permite que el estudiante marche a su ritmo personal ya que habrá necesidad de repetir temas hasta que el estudiante alcance los objetivos de cada experimento [10].

Con el propósito de lograr una evaluación que sea objetiva, cada experimento en *Dalton* se examina según cinco tipos diferentes de preguntas: selección de una única opción, asociación, verdadero/falso, completación y selección de múltiples opciones. El orden de presentación de cada tipo de pregunta es aleatorio e igualmente se presentan en orden aleatorio las posibles respuestas a cada pregunta. Además, las preguntas de cada tipo se seleccionan al azar de un banco de 50, lo que permite disponer de un total de 250 preguntas por experimento. Los tres niveles de aleatoriedad y el número total alto de preguntas permiten evitar que haya repeticiones en la evaluación.

Para responder a cada tipo de pregunta el estudiante dispone de 3 minutos, tiempo que se ha considerado suficiente para el estudiante que verdaderamente haya alcanzado los objetivos de aprendizaje.

DISEÑO EXPERIMENTAL PARA LA EVALUACIÓN DE DALTON

Un buen diseño experimental busca establecer con cierto nivel de confianza si las diferencias entre los parámetros de respuesta son estadísticamente significativas, y no necesariamente se requiere de métodos complejos para llegar a comprobar dicho objetivo [8].

Planteamiento del problema

La validación de *Dalton* tiene por objetivo determinar si su utilización por parte del estudiante, *antes* de la realización de un experimento en el laboratorio de química, introduce mejoras *estadísticamente significativas* en el aprendizaje. Se trata de demostrar que el desempeño de un grupo de estudiantes que cursan el laboratorio de química, *sin* usar *Dalton*, es significativamente menor al del grupo que tiene la oportunidad de realizar previamente los experimentos simulados.

Selección de factores y niveles

Este tipo de problema se ajusta a un modelo de *diseño unifactorial con dos niveles*. El problema exige que haya completa aleatoriedad en la selección de las muestras y en la realización de las pruebas. Además, la varianza de ambos grupos -el que experimenta en el laboratorio sin utilizar *Dalton* y aquél que sí lo usa- debe ser la misma para garantizar el mismo nivel de variabilidad.

Las condición de aleatoriedad se puede lograr seleccionando al azar los estudiantes que conformarán cada grupo. El profesor del curso de laboratorio debe ser el mismo para evitar que la calificación sea vea influenciada por la diferencias subjetivas entre dos profesores.

• Selección de la variable de respuesta

El desempeño promedio de cada estudiante se medirá con base en la nota total acumulada *después* realizar las diferentes prácticas que constituyen el programa de la asignatura de laboratorio. La calificación final es una medida indirecta del nivel de aprendizaje alcanzado por cada estudiante al finalizar el curso.

El curso: *Laboratorio de Química General I (INQ-115)* es ofrecido en la Universidad de Antioquia a estudiantes de Ingeniería Química e Ingeniería Sanitaria. El número máximo de estudiantes en el laboratorio es de 30, de modo que se pueden organizar 2 grupos de estudiantes para el experimento de validación, todos ellos escogidos al azar. Durante el semestre, cada estudiante realiza un total de 12 experimentos y la nota final es el promedio aritmético de las notas obtenidas en cada experiencia individual. En el caso que nos ocupa, se sumarán todas las notas de cada estudiante, correspondientes a los 12 experimentos, para obtener una nota acumulada (la nota máxima será de 60.0). De esta manera se obtiene una escala más amplia, en la que se pueden observar mejor las diferencias que en la escala tradicional de 1.0 a 5.0.

• Selección del diseño experimental

Considerando que el diseño experimental efectivamente cumple con la característica de total aleatoriedad puede pensarse, como *hipótesis* estadística, que la nota promedio de los estudiantes que usaron *Dalton* es idéntica a la nota promedio del grupo de control. O sea:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_a: \mu_1 \neq \mu_2$$

donde μ_1 es la nota final promedio del grupo que usó *Dalton* y μ_2 la del grupo que realizó los experimentos reales *sin* utilizar el software.

• Realización del experimento

En la Tabla 1 aparecen los resultados obtenidos con un grupo de Laboratorio de Química General I (*INQ-125*).

Tabla 1. Notas definitivas acumuladas del curso *INQ-125 (01)*

Estudiante No.	y_{1i}	Estudiante No.	y_{2i}
1a	46.8	1b	38.4
2a	54.0	2b	46.8
3a	51.6	3b	44.4
4a	50.4	4b	42.0
5a	44.4	5b	48.0
6a	50.4	6b	45.6
7a	43.2	7b	49.2
8a	45.6	8b	45.6
9a	51.6	9b	43.2
10a	55.2	10b	42.0
11a	54.0	11b	42.0
12a	54.0	12b	49.2
13a	48.0	13b	52.8
14a	50.4	14b	42.0
15a	55.2	15b	40.8
Con	Dalton	Sin	Dalton

• *Análisis estadístico de los datos*

Una vez analizados los datos que aparecen en la Tabla 1, se obtuvieron los siguientes resultados:

Con Dalton

$$\bar{y}_1 = 50.3$$

$$S_1^2 = 15.5$$

$$S_1 = 3.94$$

$$n_1 = 15$$

$$S_p = 3.90$$

$$t_o = 3.86$$

Sin Dalton

$$\bar{y}_2 = 44.8$$

$$S_2^2 = 14.9$$

$$S_2 = 3.87$$

$$n_2 = 15$$

Al comparar $|t_o| = 3.86$ con $t_{\alpha/2, n_1 + n_2 - 2} = t_{0.025, 28} = 2.049$, se puede concluir que la hipótesis nula H_0 debe rechazarse y que por lo tanto parece probable que *haya una diferencia estadísticamente significativa* en los resultados de ambos grupos de estudiantes. El utilizar *Dalton* como apoyo previo a la experimentación real de laboratorio probablemente *sí* introduce mejoras en el aprendizaje.

El intervalo de confianza (95%), calculado con *t de Student*, es como sigue:

$$2.58 \leq \bar{y}_1 - \bar{y}_2 \leq 8.42$$

Lo que significa que la diferencia entre medias poblacionales, con una confianza del 95%, está ubicada en el intervalo:

$$1 - 2 = 5.50 \pm 2.92$$

Comprobar si un software educativo específico mejora significativamente el aprendizaje requiere de la realización de un adecuado diseño experimental. Los resultados obtenidos parecen confirmar las expectativas que genera la incorporación de este tipo de materiales en el proceso instruccional.

Sin embargo, es inevitable que surjan algunos cuestionamientos acerca de la validez estadística de los resultados. Nuestro sistema tradicional de evaluación parece tener debilidades que introducen factores perturbadores en los resultados estadísticos. Las notas de fin de semestre, particularmente en lo que a la asignatura de Laboratorio de Química se refiere, no parecen ajustarse a una distribución normal sino que se sitúan en cierto rango típico en el cual las diferencias no permiten conclusiones significativas. Además, es posible que se introduzcan ciertos factores *subjetivos* al calificar el desempeño experimental de los estudiantes.

Las anteriores apreciaciones evidencian la necesidad de hacer otros estudios que refuercen la hipótesis de que evidentemente un software educativo, con las características que tiene *Dalton*, sí es un material de apoyo válido para mejorar sustancialmente los resultados de los estudiantes en lo que al aprendizaje del laboratorio se refiere. Lo que sí es indudable, es que este tipo de sistemas impactan positivamente al estudiante, le generan desafíos y motivaciones que hacen pensar en que deben ser motor de nuevas actitudes hacia la práctica de la química experimental. A pesar de las limitaciones y factores perturbadores, consideramos que sistemas como *Dalton* efectivamente son un excelente punto de partida para un mejoramiento de la enseñanza tradicional y un incremento importante del rendimiento del estudiante frente al aprendizaje de la química.

CONCLUSIONES

La realización de este trabajo permitió:

- Establecer la importancia de la Informática Educativa en la formulación de alternativas de mejoramiento de la enseñanza tradicional.
- Proponer un modelo de MEC (Material Educativo Computarizado) con unas características que posibilitan su integración al proceso de enseñanza-aprendizaje y se constituye en punto de partida para la creación de nuevos modelos pedagógicos.
- Establecer la necesidad de incorporar a la arquitectura de un *STI* estrategias tutoriales que tengan en cuenta las modernas teorías sobre psicología del aprendizaje, las cuales enfatizan un ambiente especialmente favorable al desarrollo cognitivo y los procesos de pensamiento.

- Organizar y diseñar un conjunto de experimentos químicos, en un módulo que resalta la importancia de la imagen como elemento clave para proveer un acceso más expedito hacia el aprendizaje.
- Ilustrar un método de programación de los experimentos simulados mediante el uso de técnicas de computación gráfica y animación.
- Experimentar con una arquitectura de *STI* que hace énfasis en el módulo de simulación como entidad generadora de los conceptos que el estudiante debe aprehender.
- Reafirmar la importancia del módulo del estudiante para definir el carácter “inteligente” de un *STI* y por consiguiente, su capacidad para hacer replanificación del aprendizaje.
- Probar la validez de los *STI* como medios educativos que al ser correctamente utilizados, inician favorablemente en el aprendizaje de los estudiantes.
- Demostrar la utilidad de las tecnologías *MM* para generar un ambiente de aprendizaje más agradable y motivante al aprendizaje del estudiante.

REFERENCIAS

1. ATUESTA, M. ET AL. “Evaluación de una Arquitectura de Sistema Tutorial Inteligente para Matemáticas”. *II Congreso Colombiano de Informática Educativa. Memorias*. Pontificia Universidad Javeriana, Cali. Abril 20-23.
2. COICOECHEA, N.; ASTICA, M. (1987), “La Simulación como Medio de Enseñanza”. *Boletín de Informática rcii*. Vol. 5, Suplemento No. 2. Septiembre.
3. GALVIS, A. H. (1988). “Ambientes de Enseñanza-Aprendizaje Enriquecidos con Computador”. *Boletín de Informática Educativa*. Proyecto SIIE, Vol. 1, No. 2, Bogotá.
4. GARSON, J. W.; FOORMAN, B. “Microcomputer Graphics and Visual Reasoning”. *Proceedings of NECC'84*. June 13-15, Dayton, Ohio.
5. HEARN, D.; M. P. BAKER. (1994) “Gráficas por Computadora”, Prentice Hall Hispanoamericana, 2ª. Edición, México.
6. KNEZEK, G. A. (1988). “Intelligent Tutoring Systems and ICAI”. *The Computing Teacher*, Vol. 15, No. 6, marzo.
7. MARIÑO, O. (1988). “Informática Educativa: Tendencias y Visión Prospectiva”. *Boletín de Informática Educativa*. Proyecto SIIE, Vol. 1, No. 2, Bogotá.}
8. MONTGOMERY, D. C. (1991). “Diseño y Análisis de Experimentos”. Grupo Editorial Iberoamérica, México.
9. OVALLE, D. A.; J. A. LÓPEZ; H. A. ALVAREZ. (1996). “Diseño y Desarrollo Metodológico de SBC's (Sistemas Basados en Conocimientos) Distribuidos y Cooperantes Aplicados a la Ingeniería”. Informe del Proyecto de Investigación 1118-14-091-94, Colciencias. Bogotá.
10. URIBE, A. (1984). “Curso: Tecnología Educativa II”. Universidad de Antioquia, Facultad de Educación, Medellín.

Demetrio Arturo OVALLE CARRANZA

Profesor en Dedicación Exclusiva de la Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín (UNALMED). Ph.D. en Informática (Université Joseph Fourier, Grenoble, Francia). Coordinador del Grupo de Investigación UN-GIDIA (Grupo de I+D en Inteligencia Artificial, Reconocimiento de Patrones e Informática Educativa). Investigador Principal del Proyecto de Colciencias titulado: Diseño y Desarrollo de Sistemas Basados en Conocimientos Aplicados a la Ingeniería. Actualmente, Director del Postgrado en Ingeniería de Sistemas de UNALMED. e-mail: dovalle@perseus.unalmed.edu.co

Rubén Darío OSORIO GIRALDO

Profesor Titular de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de Antioquia. Ingeniero Químico (Universidad de Antioquia, 1978). Actualmente, candidato a Magíster en Ingeniería de Sistemas de UNALMED. Autor de la Tesis de Maestría titulada: "DALTON. Un Modelo de Integración de Experimentos Simulados de Química Básica en un Sistema Tutorial Inteligente" Miembro del Grupo de Investigación UN-GIDIA, línea de investigación: Informática Educativa e-mail: rdosorio@carios.udea.edu.co