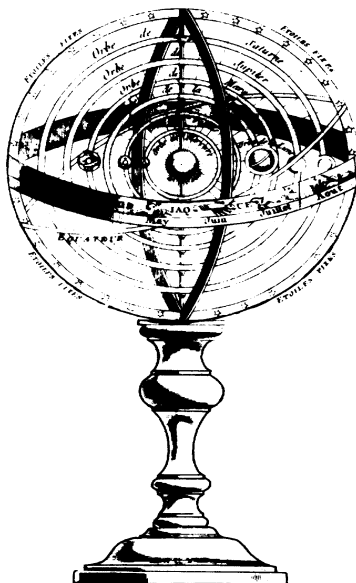


INNOVACIONES DIDÁCTICAS



PROCESO DE AUTORÍA / CREACIÓN DE SIMULACIONES REALIZADO POR PROFESORES DE QUÍMICA: UNA EXPERIENCIA DE CAPACITACIÓN EN SERVICIO

FEJES, MARCELA ELENA¹; INFANTE-MALACHIAS, MARIA ELENA²; NAVAS, ANA MARIA³ y NUNES, CÉSAR AUGUSTO AMARAL⁴

^{1,3,4} Escola do Futuro - Universidade de São Paulo. São Paulo

² Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH - USP

marcela@futuro.usp.br

marilen@usp.br

Resumen. Se presentan dos estudios de caso que describen el proceso de autoría y creación de simulaciones de química por parte de docentes de escuelas públicas vinculados al proyecto Laboratorio Didáctico Virtual de Química, desarrollado por la Escuela del Futuro de la Universidad de São Paulo. El análisis documental, producido por dos grupos de profesores, refleja procesos diferentes de selección tanto de temas como de situaciones problemáticas para la elaboración de simulaciones. Se evidencia la potencialidad que puede tener para el aprendizaje de química, abordar el cotidiano del alumno y realizar un trabajo colaborativo entre profesores e investigadores. Se consideran las posibilidades de interacción que una simulación puede ofrecer para el trabajo en sala de aula.

Palabras clave. Aprendizaje de química, simulaciones interactivas, trabajo colaborativo, formación en servicio, formación de profesores.

The Process of Simulation Authoring/Creation by Chemistry Teachers: A Service Learning Experience

Summary. Two case studies are presented to describe the process of public school teachers authoring and creating chemistry simulations. They are part of the Virtual Didactic Laboratory for Chemistry, a project developed by the School of the Future of the University of Sao Paulo. The documental analysis of the material produced by two groups of teachers reflects different selection process for both themes and problem-situations when creating simulations. The study demonstrates the potential for chemistry learning with an approach that takes students' everyday lives into account and is based on collaborative work among teachers and researchers. Also, from the teachers' perspectives, the possibilities of interaction that a simulation offers for classroom activities are considered.

Keywords. Chemistry learning, interactive simulations, collaborative work, service learning, teacher training.

INTRODUCCIÓN

En la última década se han valorizado modelos de enseñanza-aprendizaje basados en ambientes activos y colaborativos (Barab, Makinster et al., 2001), lo que ha permitido el surgimiento de propuestas de enseñanza de ciencias apoyadas en redes de trabajo colaborativo y articuladas alrededor de ambientes virtuales de aprendizaje. En esta perspectiva, los procesos de aprendizaje de ciencias pueden verse apoyados por numerosos recursos interactivos disponibles en Internet, los cuales forman parte de repositorios de simulaciones y de otros objetos educacionales (Repenning et al., 1999) u objetos de aprendizaje (Nunes y Gaible, 2002). De esta forma, científicos, educadores, alumnos, diseñadores y programadores pueden construir comunidades de aprendizaje (Barab y Duffy, 1998; Barab, MaKinster et al., 2001; Henri y Pudelko, 2003) que, además de utilizar los recursos disponibles en los repositorios existentes, puedan crear, producir y publicar simulaciones y animaciones propias, como resultado de un trabajo colaborativo (Nunes, 2002).

Aun cuando existe una línea de trabajo que defiende la creación de simulaciones altamente complejas e ingeniosas (Foreman y Aldrich, 2005), nuestra propuesta insiste en la gran potencialidad que existe para el aprendizaje, cuando son los alumnos quienes crean sus propias simulaciones (Repenning et al., 1999). En estas condiciones, el aprendiz puede verse envuelto en procesos de construcción de modelos y de clara investigación activa. Desde la perspectiva de un autor de una simulación, sea este profesor o alumno, la representación de un modelo cuyas variables pueden ser manipuladas es un desafío que envuelve procesos activos de investigación y de pensamiento (Repenning et al., 1999; Zohar, 2004).

SIMULACIONES EDUCATIVAS

Thomas y Schurr (1998: 65) definen las simulaciones como «*cualquier aplicación de software que proporciona acceso a un modelo o a un sistema físico o teórico*». En el momento de profundizar sobre una simulación educativa, los autores destacan que «*una simulación educativa es aquella que se usa para enseñar sobre un sistema modelado [...] en vez de (enseñar) sobre el proceso de modelaje en sí*». En este contexto los autores destacan que las simulaciones pueden contribuir al aprendizaje (1) al posibilitar que los alumnos construyan conceptos a través de la experiencia, (2) al ofrecer un ambiente de exploración y (3) al permitir que los alumnos participen de la elaboración y validación de hipótesis. Adicionamos a las características referidas por estos autores las consideraciones de Starkey & Blake (2001), quienes realzan la potencialidad que tienen las simulaciones para la educación cuando promueven la toma de decisiones para la resolución de problemas reales. En este mismo contexto, autores como Repenning y otros (1999) han referido la potencialidad de las simulaciones para visualizar, interactuar, explorar, comprender y comunicar ideas y sistemas complejos.

En el área específica de las ciencias naturales y exactas, las simulaciones ofrecen la posibilidad de establecer relaciones entre los conceptos científicos y los conceptos cotidianos y, al usar representaciones analógicas, se facilita la comprensión de temas abstractos, se despierta el interés por un asunto nuevo y, principalmente en el caso del profesor, podrían estimularlo a considerar el conocimiento previo de los alumnos (Galagovsky y Aduriz-Bravo, 2001). Existen varios ejemplos de elaboración y uso de objetos de aprendizaje en ciencias. En particular el proyecto latinoamericano RIVED (Red internacional virtual de educación <www.rived.proinfo.mec.gov.br>, funciona hoy como iniciativa del Ministerio de Educación de Brasil y fue en principio adoptada por cuatro países latinoamericanos (IVEN) como propuesta para mejorar el aprendizaje en ciencias y matemática incorporando una tecnología *on line* incluyendo video-tecnología y tecnología de computación con multimedia interactivos. Se esperaba desarrollar un programa multimedia produciendo módulos educativos que englobasen el currículo total de ciencias y matemática de los años superiores de enseñanza media. Se planeó el desarrollo de una fábrica virtual de simulaciones en todas las asignaturas de ciencias, basadas en resolución de casos y de problemas, con la idea de que tanto profesores como alumnos tuvieran la posibilidad de disponer de objetos de aprendizaje en cualquier contenido de las ciencias. El proyecto, que finalmente sólo se desarrolló plenamente en Brasil, no únicamente implicó la elaboración de simulaciones sino de cursos de capacitación a distancia para que los profesores pudieran realmente aprovechar este material con gran éxito.

EL PROYECTO LABORATORIO DIDÁCTICO VIRTUAL (LABVIRT) Y SU METODOLOGÍA

En este contexto, describimos sintéticamente el proyecto Laboratorio Didáctico Virtual (Labvirt), de la Escuela del Futuro de la Universidad de São Paulo en Brasil, el cual propone el proceso de creación y producción de simulaciones de ciencias como una estrategia para lograr que *los alumnos* adquieran un rol activo y motivador como autores/creadores de situaciones que involucren sus temas curriculares. Sus ideas expresadas a través de un guión son transformadas en simulaciones, a través de una red colaborativa entre universidad-escuela que permite que esto ocurra. Para ello, las escuelas convocadas vivieron un proceso de sensibilización del cuerpo directivo y de los coordinadores pedagógicos con el fin de participar en el proyecto. Los profesores vinculados recibieron un curso de capacitación que les permitió conocer las características del proyecto, así como a los integrantes de los otros equipos de trabajo y discutir la metodología propuesta para conformar redes colaborativas apoyadas en un ambiente virtual, y producir simulaciones interactivas.

Diferentes autores han resaltado la importancia de lograr un trabajo interdependiente entre los miembros que con-

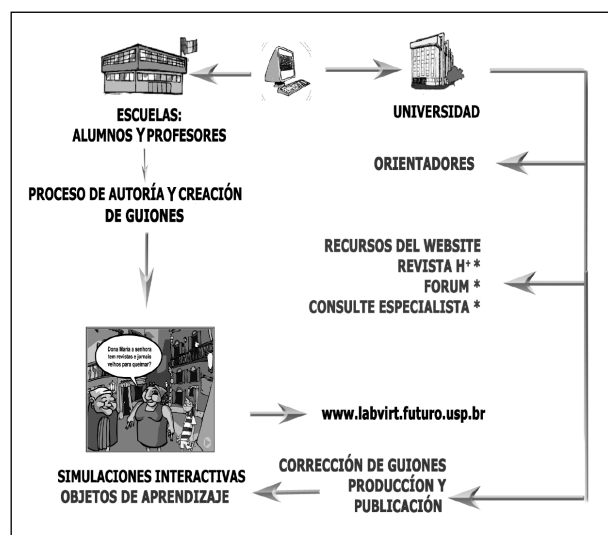
forman una comunidad de aprendizaje (Barab y Duffy, 1998; Barab, MaKinster et al., 2001; Henri y Pudelko, 2003); esta interdependencia se define en términos de esfuerzos y colaboración. En el caso del proyecto Labvirt Química se delinearón funciones y responsabilidades para cada equipo que participó en el proyecto y que se integraron en momentos y etapas diferentes.

La vivencia de *aprender haciendo, que en nuestro trabajo se inspiró en la propuesta de Bereiter & Scardamalia (2003), se practicó desde un primer momento*. Los profesores tuvieron que crear y encomendar simulaciones como si fueran alumnos de forma tal que ello permitió que surgieran discusiones sobre las dificultades, las habilidades, las estrategias y los puntos positivos de trabajar en esta propuesta y planear su puesta en práctica con los alumnos.

¿Cómo funciona el proyecto Labvirt?

Se distinguen claramente tres etapas en el proyecto, que representamos esquemáticamente en la figura 1:

Figura 1
Interacción entre la escuela y la universidad
en el proyecto Labvirt.



Etapas 1: Elaboración de guiones de simulaciones.

Los alumnos/profesores, trabajando en grupo, eligen situaciones del cotidiano u otras que les son particularmente interesantes, siempre relacionadas con los conocimientos curriculares planificados. Luego de discutir sus ideas transforman los temas elegidos en situaciones problema, proceso que implica negociaciones en grupo, investigación en el aula a través de diferentes recursos, auto-evaluación grupal e individual y consecuentemente el desarrollo de habilidades y competencias (observación,

análisis, síntesis, creatividad, comunicación y resolución de problemas). Los alumnos buscan el apoyo y la orientación del profesor (con respecto a contenidos, organización pedagógica y soporte técnico) y realizan una detallada descripción de la simulación que desean en la que deben quedar perfectamente claros la historia, los personajes, el problema a resolver, los esquemas y algoritmos necesarios, los conceptos, los límites del modelo, las unidades utilizadas y las respuestas correctas a todo aquello que proponen resolver. Orientados por el profesor, los alumnos participan de procesos de investigación activa, donde producen guiones de simulaciones (Boaretto, 2004) abordando problemas de ciencias de interés para ellos. Los profesores, en su nuevo rol, no están acostumbrados a planear, orientar y evaluar trabajos de esa naturaleza y necesitan sentirse valorados y apoyados en cuestiones técnicas, pedagógicas y de contenido. El equipo de diseñadores y programadores de la universidad que estará produciendo esa simulación encargada no está en contacto con los autores, de modo que la encomienda de simulación debe ser lo más auto-explicativa posible

En este punto entran a participar los otros equipos de trabajo que se encuentran en la universidad: el equipo de orientación, ofreciendo apoyo y asistencia a los docentes; el equipo de consulta y forum, atendiendo dudas y cuestionamientos de profesores y alumnos a través de Internet; el equipo de noticias, ofreciendo materiales de apoyo en línea para la investigación que se desarrolla en el aula. Esa comunicación es tanto presencial como virtual dado que se realizan visitas a las escuelas para asistir al profesor en el aula y se ponen en la página *web* materiales y recursos como: documentos escritos con ideas de simulaciones, registros de actividades y auto-evaluaciones elaborados por alumnos, respuestas dadas por especialistas a preguntas enviadas y publicadas en el portal, debates abiertos sobre aspectos del proyecto y noticias sobre temas de interés en ciencia y tecnología.

Etapas 2: Finalización de guiones y envío al equipo de producción de la universidad: Proceso de revisión-corrección-producción.

Una vez elaborados y finalizados, los guiones de las simulaciones son enviados al equipo de producción a través de Internet. Este proceso implica que los alumnos y profesores de las escuelas accedan al portal del proyecto y envíen sus guiones en formato digital; estos archivos son recibidos, en un primer momento, por un educador especialista en el área de química que revisa su contenido y devuelve el guión a la escuela en caso de que se requieran modificaciones por errores expresados tanto de contenido como ortográficos o gramaticales, algoritmos mal expresados o resultados equivocados al aplicarlos. Posteriormente los diseñadores y programadores se encargan de transformar los guiones en simulaciones interactivas (usamos aquí y en todo el trabajo el concepto de *simulación educativa* formulado por Thomas y Schurr (1998).

En este punto es importante resaltar que todos los procesos comentados anteriormente, así como el funcionamiento de cada uno de los equipos y los vehículos de comunicación que se establecen entre ellos, son acompa-

ñados y evaluados de manera permanente por el equipo de coordinación general del proyecto a través de estrategias que incluyen reuniones con los coordinadores de los equipos, intercambio de mensajes vía Internet, recibo periódico de informes de actividades y encuentros mensuales con profesores. Esto permite un apoyo fehaciente y dinámico acorde con los tiempos áulicos. Profesores y alumnos esperan que sus simulaciones publicadas en Internet tengan una aceptable calidad gráfica y un nivel de interactividad elevado. Por eso en el proceso de producción, conducido a distancia, participan alumnos universitarios especialistas en diseño y programación.

Etapas 3: Publicación de la simulación en la página web: visibilidad y comentarios.

Cuando la simulación está finalizada, la misma se publica en la página web del proyecto (www.labvirt.futuro.usp.br). Los autores, que son los alumnos/profesores de las escuelas, reciben comentarios, elogios y sugerencias sobre su trabajo a través del portal en un espacio destinado a tal fin, dado que todo aquello que idearon queda visible una vez que la página web es pública.

Objetivos del proyecto Labvirt

Podemos apuntar algunos objetivos generales del proyecto que posibilita las siguientes innovaciones:

- formar y acompañar profesores de química de la red pública para planear y desarrollar nuevos métodos de enseñanza de ciencias elaborando simulaciones interactivas
- promover que los alumnos desarrollen habilidades y competencias básicas como observación, análisis, síntesis, creatividad y resolución de problemas
- posibilitar que los materiales tanto de alumnos como de profesores puedan ser vistos, usados y compartidos por otros usuarios de Internet
- formalizar una práctica colaborativa entre la universidad y la escuela que permita una visión más profunda acerca de la realidad de la escuela pública de enseñanza media.

Entre los objetivos curriculares y didáctico-pedagógicos atendidos resaltamos y describimos tres en especial que resultan muy importantes en el área de química:

a. La representación y comunicación

Al elaborar el proyecto de un objeto de aprendizaje, el alumno deberá haber realizado una amplia investigación sobre el tema, y también saber cómo presentar el contenido a ser trabajado a un equipo de informática no profesional en química.

Este alumno deberá saber seleccionar las fuentes adecuadas de información y, en cada una de ellas, definir lo que existe de relevante en relación con el tema de su investigación. De este modo, es necesario que comprenda el

lenguaje químico y se apropie de él, de manera que pueda producir un material donde los conceptos químicos sean correctamente interpretados y descritos. Para ello debe ser capaz de traducir el lenguaje simbólico de la química en lenguaje discursivo. Eso es necesario para lograr la producción de una simulación comprensible para futuros usuarios y para garantizar que el equipo técnico realice adecuadamente la tarea que le será encomendada, puesto que sus profesionales pueden no conocer la representación usada por la química.

Como todo el material que constará de este objeto de aprendizaje será producido por el alumno, éste deberá ser capaz de utilizar adecuadamente las diversas formas de representación de datos, como gráficos y tablas y el lenguaje matemático que permite expresar las relaciones matemáticas de las leyes involucradas.

Estas competencias y habilidades serán trabajadas también en otras actividades del Labvirt, como en la sesión consulte un «químico», en el foro de discusiones o en la lectura de las noticias científicas.

b. La investigación y comprensión

Para la producción de un material claro y fundamentado en los contenidos actuales en química, será necesario que el alumno haya comprendido realmente los conceptos químicos relacionados. Sin embargo, es responsabilidad del profesor coordinar las actividades para garantizar que los conceptos químicos sean profundizados de acuerdo con la necesidad de cada momento. Así la elaboración y uso de los objetos de aprendizaje puede contribuir al desarrollo del raciocinio proporcional, lógico-empírico y lógico formal.

Otro punto importante es la selección de una situación problema relacionada con un concepto químico. Al hacer esto, el alumno estará reconociendo la existencia de un problema por investigar y tendrá que proponer obligatoriamente una línea de investigación para el mismo. Esto lo llevará a conocer diversos abordajes para la solución del problema: deberá proponer sus estrategias, los procedimientos experimentales, el control de variables y, de la misma forma, debería saber cuáles serían los resultados esperados en cada caso de acuerdo con los conocimientos de química que logre.

El alumno podrá también estructurar su objeto de aprendizaje de manera que permita exigir de los usuarios el reconocimiento de tendencias y relaciones, así como la elaboración de hipótesis y previsiones. En este sentido, él mismo deberá haber vivenciado todo este proceso en la elaboración de su propio proyecto, además de la simple comprensión del contenido de su estudio.

c. La contextualización sociocultural

La selección del problema es una etapa fundamental en la elaboración del proyecto de un objeto de aprendizaje. Al seleccionar un problema relacionado con el cotidiano del alumno, éste puede reconocer que la química está presente en su vida, identificando los fenómenos químicos relacionándolos en las más diversas situaciones. En este

punto, el profesor tendrá una participación fundamental, pues podrá discutir con sus alumnos las implicaciones socio, político, culturales de cada uno de los temas base de los objetos de aprendizaje que serán elaborados.

Finalmente, la interacción del grupo de alumnos con los profesionales de química por medio de la sesión «consulte un químico» y su participación en el foro permite la discusión de los aspectos que envuelven las implicaciones de la química en la vida de cada uno y el trabajo de sus profesionales en la sociedad como un todo.

Se espera así *que los alumnos aprendan creando y representando situaciones significativas de química a través de la elaboración de guiones de simulación*. Para ellos es evidente que deben cambiar los papeles tradicionales tanto del alumno como del profesor, y nuevos roles son asumidos durante el proyecto:

- Papel del alumno: Autor - creador de guiones de simulación y animación de química
- Papel del profesor: Orientar el trabajo de investigación y producción de los alumnos en el aula
- Papel del equipo LabVirt: Dar soporte y orientación a los profesores durante el desarrollo del proceso.

Formación de profesores en el proyecto Labvirt Química

La formación de profesores es la etapa fundamental del proyecto; si el profesor no se apropia adecuadamente de la metodología, el alumno nunca tendrá la opción de experimentarla. El primer curso de formación, realizado por el Labvirt, tuvo una duración de cuarenta horas y contó con la participación de doce profesores del área de química, de escuelas públicas de la ciudad de São Paulo. Se aceptaron profesores cuyas escuelas contaron con la infraestructura tecnológica básica para el desarrollo del mismo (sala de computadores y acceso a Internet). Durante el curso de formación, fueron propuestas y desarrolladas diversas actividades con los profesores, entre ellas, visitas orientadas al sitio web del proyecto, charlas con los coordinadores del Labvirt y con los profesores de física, que ya participaban de esta iniciativa, discusiones sobre uso de simulaciones para la educación en ciencias y sesiones de trabajo en grupo para producción de guiones de simulación. Es justamente en este último punto en el que centraremos nuestra descripción y análisis.

La metodología utilizada para las sesiones de trabajo en grupo se inspiró en la propuesta del «*aprender haciendo*» de Bereiter y Scardamalia (2003), que considera fundamental la vivencia de experiencias para su posterior transmisión, aplicación y adaptación. Si los profesores no sienten seguridad en usar un determinado método o estrategia didáctica tampoco la pondrán en acción en el aula. El hecho de *hacer* les permite conocer las dificultades y asimismo pensar en las posibles soluciones, esto es vivenciar y comprender el proceso para luego poder orientar a los alumnos.

De esta forma, los profesores se vieron envueltos en procesos semejantes a los que se esperaba desarrollar con los alumnos en el aula: (1) identificación de una situación-problema de química, (2) presentación y discusión con los colegas, (3) realización de una investigación orientada sobre el tema (a través de diferentes recursos bibliográficos), (4) elaboración de guiones de simulación que presenten y desarrollen la situación-problema inicialmente identificada y (5) experimentar y evaluar su trabajo grupal de manera diferencial.

Para facilitar el proceso de elaboración de guiones, los profesores recibieron una guía producida por el equipo de educadores del proyecto con la descripción de cada una de las secciones sugeridas para el guión: título, datos generales de los autores, resumen y descripción detallada por pantallas. Asimismo, se solicitó a los docentes elaborar registros escritos de cada sesión de trabajo en grupo, que relataran, de forma breve, las actividades realizadas, el foco de las discusiones y los papeles que cada miembro del grupo asumió en los diferentes momentos. De esta forma, la primera aproximación hacia las ideas que ellos construyeron sobre lo que son simulaciones, sobre las potencialidades que estos recursos pueden tener y sobre sus características se hicieron visibles a través de esos registros y, consecuentemente, a través de los propios guiones elaborados.

Para describir el trabajo realizado por profesores y en parte mostrar su comportamiento cultural (grupo de profesores en el papel de alumnos) y por otro lado relatar esta experiencia con el objetivo de que otros profesores puedan apropiarse de ella, exploramos en este artículo los registros escritos por dos grupos de profesores, los guiones producidos por ellos y las propias simulaciones publicadas, en el sitio web del proyecto (www.labvirt.futuro.usp.br). El objetivo es la aproximación del lector a las diferentes etapas del proceso de creación y producción que los docentes vivieron, y de las ideas que cada grupo construyó acerca de una simulación. También permite vislumbrar las potencialidades que estos recursos pueden tener para el aprendizaje, en el contexto del proyecto Labvirt Química.

Los instrumentos de recolección de datos que fueron utilizados durante el proceso consistieron en registros de reuniones de los profesores, cuestionarios y el proceso de la propia simulación producida. El abordaje investigativo se acerca a la investigación etnográfica y estudio de casos (André, 2000).

RESULTADOS DE DOS GRUPOS DE PROFESORES

Grupo de profesores 1: Simulación «Lluvia ácida»

a) La selección del problema

El registro (R) elaborado por este grupo, durante la sesión de trabajo que debía llevar a la identificación de una situación problema, reveló un interés inicial por asociar la química al cotidiano:

«En un primer momento se escucharon las ideas propuestas por el grupo. Una de ellas era de procedimientos de primeros auxilios: Una ama de casa aparecería con un individuo (Ej. El hijo) que tomó hipoclorito de sodio (NaClO) accidentalmente; la otra idea era cómo obtener el proceso de formación de lluvia ácida. Sin embargo se decidió que iba a ser desarrollada la idea de lluvia ácida. Se observó que las ideas abordan temas del cotidiano y que la formación de lluvia ácida abarca la problemática de las poluciones causadas por grandes consumidores de materiales orgánicos, principalmente las industrias de las grandes ciudades.» (R1)

Vemos cómo las diferentes ideas propuestas relatan situaciones del día a día con potencialidad para abordar temas específicos de química y para aproximar «conceptos científicos» de «conceptos cotidianos. Habiéndose decidido por el tema de lluvias ácidas, los profesores se concentraron, durante el segundo día de la capacitación, en la tarea de escribir el guión.

b) La escritura del guión: Articulación con los expertos y trabajo en colaboración

El registro elaborado durante esta sesión de trabajo reveló ideas de los profesores sobre el funcionamiento y las características de una simulación, así como el interés por trabajar de forma colaborativa con el equipo de producción:

«Decidimos que algunas páginas deberían ser más detalladas para facilitar el trabajo de los programadores y que las situaciones fueran propicias para el usuario». (R2)

«S... percibió que no habían botones en cada página, indicando para el usuario la próxima pantalla». (R2)

«Entonces, resolvimos escoger cuatro alternativas para el usuario, dos correctas y dos incorrectas». (R2)

«L... leyó todo el resumen para que pudiéramos hacer algunas correcciones, decidimos que sería necesario que el usuario interactuara con la simulación, pues no había quedado claro en el resumen» (R2)

Algunos de los elementos presentados en este registro permiten una aproximación al tipo de relaciones que se establecen entre los profesores y el equipo de producción; para los profesores, el detalle con que se describen las «pantallas» de la simulación puede influir en la comunicación que se establezca con los programadores que irán a realizar el montaje y la producción. Asimismo se evidenció en este registro una preocupación con la forma en que la simulación iría a ser usada por el usuario (1) al considerar la necesidad de botones para cada página, que faciliten la navegación, y (2) al proponer una estrategia que promueva la interacción del usuario a través de la toma de decisiones sobre respuestas erradas o correctas para un problema presentado.

El guión producido por estos profesores mantuvo la estructura propuesta en la guía de trabajo y contó con la descripción detallada de cinco pantallas correspondientes a las situaciones generales con las que el usuario se encontraría en la simulación. Profesores y orientadores que acompañaban a cada grupo hicieron, una revisión conjunta y luego una presentación a los programadores, con el objetivo de analizar la forma en que el problema

estaba siendo presentado, el contexto y las relaciones establecidas con los conceptos científicos.

El guión relata una situación en la que un joven asiste un documental de televisión que muestra el deterioro de estatuas en la ciudad por efecto de contaminantes atmosféricos. Este problema lleva al joven a investigar en libros de su biblioteca sobre las sustancias presentes en el calcáreo y el mármol de las estatuas, los contaminantes atmosféricos y las reacciones que llevan a producir ácidos a partir de los gases emitidos por los agentes contaminantes y que pueden entrar en contacto con las estatuas.

Después de abordar estos tópicos, los profesores proponen un problema para el usuario –*Cuál(es) contaminante(s) cree usted que causa(n) lluvia ácida?*– y presentan cuatro opciones de selección – CO_2 , NH_3 , CFC, SO_2 –. La solución para cada una de las situaciones presentadas así como el comportamiento de la simulación en cada caso, fueron descritos en detalle en el guión elaborado, como se muestra a continuación.

«En esta pantalla el alumno pasa a ser el usuario que tendrá frente la siguiente pregunta: *Cuál(es) contaminante(s) cree usted que causa(n) lluvia ácida?* (Obs. Colocar botones sobre: chimenea, camión y aire acondicionado). Usando la misma pantalla, sobre los botones aparece:

En caso de que oprima la chimenea de NH_3 aparece la información: *¡Qué pena, usted erró, intente de nuevo! Este gas al reaccionar con agua forma una base. Vea la reacción: $NH_3 + H_2O @ NH_4OH$*

En caso de que oprima la chimenea de SO_2 , aparece: *felicitaciones usted acertó! Observe que el dióxido de azufre reacciona con el oxígeno produciendo trióxido de azufre [...] y el trióxido de azufre reacciona con las moléculas de agua formando ácido sulfúrico diluido.*

c) Valoración del proceso y del producto final

Podemos observar en este punto que los profesores, sin un conocimiento previo sobre algunas de las potencialidades que una simulación puede tener para el aprendizaje, como la toma de decisiones y la validación de hipótesis (Thomas y Schurr, 1998: 65; Repenning et al., 1999), se aproximaron a ellas a través de la estrategia de interacción propuesta en su simulación.

En relación con los aspectos y dinámicas de funcionamiento, los profesores se valieron de recursos como negrilla y paréntesis, dentro del texto del guión, para comunicar a los diseñadores y programadores sus ideas e intereses sobre el «comportamiento» de su simulación.

«En esta pantalla aparece el joven pensando (el joven debe aparecer en la esquina inferior izquierda de la pantalla, en la cual surge un globo de pensamiento que ocupa casi toda la pantalla).»

«Él se pregunta: (Aparece globo de pensamiento). *¿Cómo se forma entonces la lluvia ácida?*»

Finalmente la simulación producida permitió la representación de la situación y de los problemas propuestos por los profesores; ésta puede ser visualizada en: <http://www.labvirtq.futuro.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_chuvaacida.htm>.

Grupo de profesores 2: Simulación «¿Cómo producir hierro?»

a) La selección del problema

A diferencia del caso anterior, los profesores de este grupo no buscaron en el cotidiano una situación problemática de química que pudiera ser desarrollada como una simulación. El interés inicial de los profesores era abordar un asunto específico de química y posteriormente buscar una situación problemática asociada:

«L... sugirió el tema de fórmulas de compuestos inorgánicos, con el uso de cationes y aniones». (R3)

Sin embargo la posibilidad de abordar el cotidiano a través de una simulación fue tratada por el orientador que acompañaba al grupo en esa primera sesión de trabajo quien, al escuchar la discusión, realizó una intervención centrada en este punto, que los profesores evidenciaron en el registro de la reunión:

«Nuestro orientador cuestionó al respecto del uso práctico en el cotidiano de la sugerencia en cuestión». (R3)

A raíz de esta intervención surgieron en el grupo nuevas ideas, relacionadas con situaciones que podrían ocurrir en el día a día y que podrían transformarse en temas de simulaciones:

«A... sugirió también una visita a un laboratorio de fotografía y explorar sus posibilidades. Reiterando la necesidad del uso del cotidiano, F... sugirió trabajar con estequiometría en una industria siderúrgica. Después surgió la idea de trabajar con lluvia ácida y un paralelo con llorar cortando cebolla». (R3)

Se evidencia aquí el papel de los orientadores, quienes al cuestionar a los profesores sobre la relación que podría establecerse entre la química y el cotidiano, posibilitaron el abordaje de varias situaciones problemáticas que podrían ser desarrolladas en la simulación.

Nos parece importante destacar aquí que, de manera general, el trabajo docente es individual y pocas veces se realiza en colaboración. Inicialmente, en el proyecto Labvirt, la colaboración ocurrió entre pares y luego en grupos al pensar en la situación problemática a resolver. Posteriormente la participación de los orientadores y del equipo de producción fue fundamental para vivenciar nuevas relaciones de trabajo colaborativo (profesores, orientadores, diseñadores, programadores) y ampliar las posibilidades de realizar colectivamente procesos activos de investigación y de pensamiento.

b) La escritura del guión: Articulación con los expertos y trabajo en colaboración

En la sesión de trabajo siguiente, el grupo se focalizó en la elaboración del guión, abordando el tema de la industria siderúrgica. El registro elaborado evidenció dudas sobre el funcionamiento y las características que tendría la simulación y resaltó la importancia del trabajo colaborativo con orientadores y programadores para resolver estos problemas.

«L... comenzó pronto a dibujar las páginas, con el objetivo de facilitar el trabajo de escribir el guión. A... nuestro orientador, siempre presente orientando y los jóvenes de diseño y programación apoyándonos. Encontramos dificultades para especificar una dinámica para pasar las páginas, envolviendo informaciones teóricas, ayuda y los cálculos. Fue entonces cuando recurrimos a la ayuda de R... y de M...».

De esta forma, las sesiones grupales permitieron la elaboración del guión de la simulación mostrando, como en el caso anterior, la estructura sugerida para ello. En este caso, los profesores realizaron la descripción de siete pantallas y adicionaron las referencias bibliográficas utilizadas para su elaboración.

c) Valorización del proceso y del producto final

A través del guión se relata un problema real de producción de una industria siderúrgica, convidándose al usuario a calcular el grado de pureza de un mineral y a resolver cálculos estequiométricos específicos. Aun cuando se esté favoreciendo la interacción del usuario, los problemas presentados son similares a los de un ejercicio de libro de texto, en los que se debe calcular una respuesta única.

En el guión, los profesores presentan la solución de todos los problemas que el usuario es convidado a resolver, y en este caso destacamos otra de las potencialidades que una simulación puede tener para el aprendizaje, que es justamente la posibilidad de resolver problemas específicos y asociados al mundo real (Starkey y Blake, 2001).

En relación con el comportamiento y las características de la simulación, los profesores se valieron además de descripciones detalladas, de paréntesis dentro del texto del guión para indicar a los programadores y diseñadores el comportamiento de los diferentes elementos.

«Ingeniero: (en un globo) Estoy preocupado con la situación de la empresa. La producción está disminuyendo y necesitamos encontrar el problema para atender los pedidos que están atrasados («flecha» para cambiar el globo de diálogo). (El globo de diálogo desaparece, surge otro). ¡OK! Voy a verificar lo que puede estar pasando.»

Cabe destacar en este caso que, además de los paréntesis, este grupo utilizó esquemas que apoyaran la interpretación de las características que estaban siendo descritas en algunas pantallas. Es necesario destacar también que la orientación dada por programadores e investigadores llevó a los profesores a incorporar en su simulación botones de ayuda y una calculadora.

Como en el caso anterior, la simulación producida permitió la representación adecuada del guión elaborado por los profesores y puede ser visualizada en:

<http://www.labvirtq.futuro.usp.br/simulacoes/quimica/sim_qui_ferro.htm>.

CONSIDERACIONES Y CONCLUSIONES

La metodología utilizada para el curso de formación de profesores del proyecto Labvirt apoya la tesis de que un profesor sólo puede formarse continuamente a través de la

movilización de experiencias (Nôvoa, 2000), la suya y la de sus colegas de trabajo. Desde este punto de vista la relación del profesor de la escuela con el investigador de la universidad se democratiza y tiende a producir un diálogo donde el conocimiento es construido en conjunto. El profesor puede así tomarse más independiente y ejercitar y desarrollar su capacidad reflexiva. Esta visión emancipadora de la investigación se fundamenta en el pensamiento de Paulo Freire:

«Enseño porque busco, porque indagué, porque indago y me indago. Investigo para constatar, constatando intervengo, interviniendo educo y me educo. Investigo para conocer lo que aún no conozco y comunicar o anunciar la novedad». Freire (1996: 29)

Esta formación en ejercicio le permite repensar su papel en el proceso de enseñanza-aprendizaje, modificar sus estrategias y mejorar continuamente su práctica docente. Los profesores asumen un papel central en el proceso de creación-producción de simulaciones, como mediadores ante sus alumnos y el proyecto favorece la mediación entre escuela y universidad. Los profesores adquieren algunas habilidades durante los cursos de formación, en la perspectiva del *aprender haciendo* (Bereiter y Scardamalia, 2003), lo que les permite transmitir su experiencia en el aula y motivar a los alumnos a ser autores/creadores de sus propias simulaciones.

Un aspecto importante en este trabajo también es la valoración del conocimiento práctico y personal del profesor y no apenas insistir en la tradicional valoración del conocimiento erudito o científico construido por los especialistas en las universidades. Para Clandinin y Connelly (1995) la valoración del conocimiento del profesor es importante para que éste pueda desarrollar sus propias investigaciones y reflexiones sobre su práctica pedagógica. La voz del profesor es importante en esta práctica formativa y pasa a ser escuchada.

Asimismo, la descripción del proceso de producción de simulaciones vivido por los profesores nos permite señalar algunas consideraciones importantes relacionadas con los materiales analizados y con las potencialidades que los profesores identifican para las simulaciones en el ámbito educativo. De esta forma vemos que:

Los registros escritos por los profesores y relatos en la primera etapa de trabajo –*identificación de la situación problemática*– permitieron una aproximación hacia los temas y problemas de química que los profesores consideraron «viables» para ser abordados en una simulación. Asimismo estos registros mostraron la forma en que los temas fueron contextualizados a través de una historia y reflejaron las inquietudes sobre las relaciones que podrían establecerse entre los conceptos científicos y los conceptos cotidianos de los profesores.

Los registros relacionados con la segunda etapa de trabajo –*elaboración del guión*– permitieron una aproximación a otro tipo de aspectos como dudas, problemas y soluciones, relacionados con el tratamiento del tema, con las características de funcionamiento de la simulación y con el tipo de interacción que podría ser establecida entre el usuario y la simulación.

Los registros producidos en las dos etapas reflejaron el trabajo colaborativo establecido entre profesores, orientadores, investigadores, diseñadores y programadores en las diferentes etapas de producción de simulaciones. En este caso, los contactos iniciales entre los diferentes equipos de trabajo favorecieron discusiones en grupo, debates, «negociación» entre diferentes ideas y establecimiento inicial de roles, características propias del trabajo colaborativo realizado en una comunidad de aprendizaje (Barab y Duffy, 1998; Barab, MaKinster et al., 2001; Henri y Pudelko, 2003).

Los guiones elaborados propiciaron un acercamiento al tratamiento del problema identificado, la resolución del mismo, su contextualización y la forma de comunicarlo a través de la descripción detallada de cada «pantalla» y utilizando diálogos entre los personajes como comportamiento de los sistemas o modelos propuestos.

Las simulaciones finalizadas se aproximaron a la «concreción» e interpretación de las ideas de los profesores.

El análisis realizado sobre los materiales producidos mostró una motivación, por parte de los profesores, en abordar lo cotidiano y la realidad de los alumnos a través de los temas y de las situaciones problemáticas propuestas para las simulaciones. Consideramos entonces que este elemento –la búsqueda de una aproximación entre conceptos científicos y conceptos cotidianos– se presenta como una potencialidad que las simulaciones tienen para la enseñanza de química. En relación con las dinámicas de funcionamiento de las simulaciones producidas, vemos que ambos grupos propusieron estrategias de interacción diferentes para el usuario. Existen otras estrategias posibles. En el primer caso la estrategia propuesta promovió la toma de decisiones, mientras que en el segundo caso promovió el cálculo de respuestas únicas para problemas específicos. Cabe destacar en este punto que la posibilidad de favorecer toma de decisiones, formulación y validación de hipótesis son potencialidades que han sido referidas por la literatura como propias de las simulaciones para el aprendizaje.

La creación y producción de simulaciones permitió a los profesores abordar aspectos del modelaje de fenómenos químicos. Aun cuando no fueron ellos quienes desarrollaron la programación de las simulaciones, fueron ellos quienes describieron en detalle los modelos que serían presentados y su comportamiento bajo diferentes condiciones. A partir de estas reflexiones consideramos que la definición sugerida por Thomas y Schurr (1998), sobre una simulación educativa, sería aplicable al proyecto Labvirt, una vez que otros usuarios, diferentes a los profesores y alumnos directamente vinculados, acceden al portal del proyecto, visitan las simulaciones producidas y se aproximan así, en el uso, a los modelos creados.

Por último vemos que el trabajo colaborativo entre profesores, orientadores, investigadores, diseñadores y programadores fue un elemento central durante el curso de capacitación, ya que el intercambio de experiencias entre estos actores facilitó la elaboración de guiones, la identificación de las ventajas que estos recursos pueden tener para el aprendizaje y la comprensión de las dinámicas de funcio-

namiento de una simulación. Creemos que la colaboración debe dejar de ocupar únicamente un lugar en la teoría de proyectos y propuestas educativas y tornarse efectivamente *praxis* (Fejes y Infante-Malachias, 2007; Infante-Malachias y Correia, 2007). El conocimiento disciplinar, en este caso la química, debería ser una herramienta a partir de la cual se trabajen habilidades, valores y visiones del mundo. Esta

afirmación es tan válida para el alumno como para el propio docente y nos lleva a insistir en la necesidad de salir de nuestra rutina y animarnos a incursionar en prácticas colaborativas en todos los niveles como las presentadas en este artículo. Este ejercicio favorecerá la formación continuada y reflexiva de los profesores y puede conducir a una sociedad más participativa y solidaria.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRÉ, M.E.D.A. (2000). *Etnografía da prática escolar*. 5. Ed. Campinas: Papirus.
- BARAB, S. y DUFFY, T. (1998). From practices fields to communities of practice. *CRLT Technical Report*, pp. 1-98.
- BARAB, S., MAKINSTER, J.G. et al. (2001). *Designing and building an on-line community: The struggle to support sociability in the inquiry learning forum*. *ETR&D*, 49(4), pp. 71-96.
- BEREITER, C. y SCARDAMALIA, M. (2003). Learning to work creatively with knowledge, en De Corte, E., Verschaffel, L., Entwistle, N. y van Merriënboer, J. (eds.). *Powerful learning environments: Unraveling basic components and dimensions*. Oxford: Pergamon, pp. 55-68.
- BOARETTO, R. (2004). Computadores no ensino médio: análise da compreensão de alunos roteiristas. Dissertação de mestrado. Instituto de Física. Universidade de São Paulo.
- CLANDININ, D.J. y CONNELLY, M.F. (2000). *Narrative inquiry*. Nueva York: Teacher's College Press.
- FEJES, M.E. y INFANTE-MALACHIAS, M.E. (2007). Aprendizaje colaborativo en el ambiente escolar. *Novedades Educativas*, 18, pp. 103-105.
- FOREMAN, J. y ALDRICH, C. (2005). The design of advanced learning engines: An interview with Clark Aldrich. *Innovate*, 1(6). Consultado el 1 de agosto de 2005 en la URL: <<http://www.innovateonline.info/index.php?view=article&id=211>>.
- FREIRE, P. (1996). *Pedagogia da Autonomia. Saberes necessários à prática educativa*. 34. ed. São Paulo: Paz e Terra.
- GALAGOVSKY, L. y ADÚRIZ-BRAVO, A. (2001). Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales: El concepto de modelo didáctico analógico. *Enseñanza de las Ciencias*, 19(2), pp. 231-242.
- HENRI, F. y PUDELKO, H. (2003). Understanding and analyzing activity and learning in virtual communities. *Journal of computer and assisted learning*, 19, pp. 474-487.
- INFANTE-MALACHIAS, M.E. y CORREIA, P.R.M. (2007). Práctica de actividades didácticas con mapas conceptuales. *Novedades Educativas*, 18, pp. 84-89.
- NÔVOA, A. (coord.) (1995). *Os Professores e a sua Formação*. Lisboa: Ed. Dom Quixote, p. 158.
- NUNES, C.A.A. y GAIBLE, E. (2002). Development of Multimedia Materials, en Haddad, W.D. y Draxler, A. (eds.). *Technologies for Education: Potentials, Parameters, and Prospects*. UNESCO, pp. 94-117.
- NUNES, C.A.A. (2002). *Collaborative content creation by cross-level students*. 2th International Conference on Open Collaborative Design for Sustainable Innovation: Creativity, Control & Culture for Sustainable Change, Bangalore, India, 1-2 de diciembre. Consultado el 14 de septiembre de 2005 en la URL: <http://thinkcycle.media.mit.edu/thinkcycle/main/development_by_design_2002/publication_collaborative_content_creation_by_cross_level_students/>.
- REPENNING, A., IOANNIDOU, A. y JONATHAN, P. (1999). Collaborative use & desing of interactive simulations. *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning*.
- STARKEY, B. y BLAKE, E.L. (2001). Simulation in international relations education. *Simulation & Gaming*, 32(4), pp. 537-551.
- THOMAS, A. y SCHURRN, A. (1998). Simulations for education: the potential and reality. *Active Learning* 9, pp. 65-66.
- ZOHAR, A. (2004). Elements of Teachers' Pedagogical Knowledge Regarding Instruction of Higher Order Thinking. *Journal of Science Teacher Education* 15(4), pp. 293-312.

[Artículo recibido en febrero de 2006 y aceptado en septiembre de 2007]

The Process of Simulation Authoring/Creation by Chemistry Teachers: A Service Learning Experience

FEJES, MARCELA E.¹, INFANTE-MALACHIAS, MARIA ELENA², NAVAS, ANA MARIA³ y NUNES, CÉSAR AUGUSTO AMARAL⁴

^{1, 3, 4} Escola do Futuro - Universidade de São Paulo. São Paulo

² Escola de Artes, Ciências e Humanidades - EACH - USP

marcela@futuro.usp.br

marilen@usp.br

Abstract

Two case studies are presented describing the process of authoring and creation of chemistry simulations by public high school teachers during their in-service training in a project developed by the School of the Future of the University of Sao Paulo, the Virtual Teaching Laboratory (www.labvirt.futuro.usp.br). This project involves the construction of a virtual collaborative community for science learning, focused on the creation, production and use of learning objects. In particular, professors and students are involved in the development of concepts and specifications of interactive simulations in the areas of physics and chemistry.

This project was initially implemented in the field of physics, and then was also developed in the field of chemistry during 2004-05. The development of simulations takes place in a collaborative community, where the students engaged in active learning are oriented by their teachers to write papers about different matters in chemistry related to their everyday life. These papers are revised by university researchers and, after analyzing errors, are corrected by the students. The papers are then sent to a group of university students who are responsible for the graphical design and the programming of the simulation. They convert the paper into a simulation which is finally published in a dynamic

website of the project (www.labvirtq.futuro.usp.br) promoting the formation of a self-sustaining learning community, clearly indicating who the authors are and the school they belong to.

The teachers necessarily undergo an adequate training course aimed at learning teaching experiences, where knowledge is applied and used immediately that it is gained. The courses are planned and developed by university researchers, who are not only responsible for the quality and the content support of the simulations, but also for helping them to become more self confident in the use of new technologies. During the first part of the project, 24 public school professors participated and developed 14 simulations during their training period.

The documental analysis of the material produced by two groups of teachers reflects different processes of selection of both themes and problem-situations in the elaboration of their simulations. The possibilities of interaction offered by simulations for classroom activities, from the perspective of the teachers, are also considered. This study shows the potential for chemistry learning, taking into account the student's everyday life, and is based on collaborative work among teachers and researchers.

Keywords. Chemistry learning, interactive simulations, collaborative work, training on service, learning objects.