

Los simuladores. Su potencial para la enseñanza universitaria

Carina Lion*

Resumen

Este artículo presenta algunos de los resultados de una investigación realizada durante cinco años (1997-2001) en la Universidad de Buenos Aires¹ en torno a la introducción de tecnologías en la enseñanza universitaria, especialmente el caso de las simulaciones. En esta investigación hemos abarcado casos que van desde la incorporación de Internet para materias de metodología de la investigación, el uso del correo electrónico en la enseñanza, software de diseño y Autocad para carreras de arquitectura y diseño, los hipertextos para la enseñanza del álgebra y la introducción de simuladores en la enseñanza de las ciencias biomédicas, entre otros casos. En particular, se pretende dar a conocer diversas implicancias sobre la incorporación de simuladores en relación con su potencial para favorecer procesos de aprendizaje. Se despliegan algunas de las conclusiones a las que hemos arribado. Palabras clave: simulación, interactividad, modelaje, transferencia.

Abstract

This article presents some of the results of research work about the introduction of technologies into university teaching, which was carried out during five years (1997-2001) at the University of Buenos Aires. In the research work we dealt with a wide assortment of cases, such as the incorporation of the Internet into university subjects on research methodologies, the use of e-mail in teaching, the use of design and Autocad software for architecture and design studies, the use of hypertext for the teaching of algebra and the introduction of simulators in the teaching of biomedical sciences. In this article we intend to discuss a number of implications of the introduction of simulators, regarding their potential to promote learning processes. We also include some of the conclusions reached.

Introducción

Los entornos interactivos como escenarios materiales, simbólicos y sociales

Las estrategias de enseñanza que introducen en forma intencional entornos interactivos (ya sea a través de soportes hipermediales, simulaciones, micromundos tecnológicos, plataformas virtuales, etc.) estarían dando cuenta de la necesidad de generar nuevas dimensiones para el análisis de las relaciones entre didáctica, tecnología y conocimiento.

La construcción y el intercambio con este tipo de entornos permitiría la extensión de la mente hacia nuevos modos de pensamiento si entendemos que se trata de procesos de nuevo tipo situados, históricos, localizados. En este sentido, las configuraciones espaciales virtualizadas (holográficas, en 3 dimensiones, etc. entendidas como escenarios trasladables y nomádicos), permitirían la navegación y favorecerían otros modos de construcción del conocimiento. Las metarrepresentaciones, por ejemplo, estarían mostrando la posibilidad de diferenciar la

operatividad con el entorno de la reflexión acerca de los procesos implicados en ese operar y registrados en bases de datos computacionales (Di Sessa, 2000: 164-166). Esto ocurre cuando los mismos entornos permiten el registro de las operaciones que se realizan en ellos (hojas de ruta de una navegación, conceptos-clave que se utilizan y consultan con mayor frecuencia, registros de las comunicaciones que se establecen con otras personas). Estos registros favorecerían procesos de descentración que permitirían la construcción de representaciones sobre las propias formas de operar cuando existe una fuerte intencionalidad por parte del propio usuario de revisar los modos de aprender en entornos interactivos.

Willson (1998: 3) define el "entorno de aprendizaje" como un lugar en el cual docentes y estudiantes pueden trabajar con fuentes que permiten dar sentido a formas de pensamiento y construir de manera reflexiva soluciones en torno a diferentes problemáticas"; (...) Un espacio en el que los estudiantes trabajan en forma colaborativa utilizando variadas herramientas y fuentes diversas de información con el fin de alcanzar objetivos de aprendizaje y encarar actividades de resolución de problemas".

Esta idea de entorno resignifica la metáfora Bruneriana de "caja de herramientas" en sus dimensiones instrumentales, cognitivas y sociales (Bruner, 1989, 1997). Las culturas son ricas en herramientas. Las comunidades científicas utilizan instrumentos como por ejemplo, telescopios, microscopios, tubos de ensayo, balanzas, multimetros y herramientas representacionales y simbólicas como el álgebra, el cálculo, tablas químicas, entre otras. Estas herramientas acompañan el trabajo y justifican su existencia en el marco de una comunidad que les da significatividad (Di Sessa, 2000: 39).

El análisis de los entornos de aprendizaje cobra una nueva dimensión cuando se trata de plataformas tecnológicas que permiten la construcción de simulaciones y posibilitan la navegación a través de recorridos no lineales y de nodos de información gráfica, auditiva y visual. Es decir, cuando las mismas herramientas cobran materialidad tecnológica y simbólica (Dedé, 1999; Pea, 1998).

No obstante, el plano de las herramientas es sólo una de las fuentes del intercambio con tecnologías. Se trata de una dimensión material que involucra también el plano de las representaciones en torno a esas herramientas dado que estas representaciones son tecnológicamente dependientes. Existe, por tanto, una dimensión cognitiva que refiere a lo que pensamos y hacemos en nuestras mentes en la presencia de estas inscripciones materiales (algunos refieren a la inteligencia material para indicar la interdependencia entre herramientas tecnológicas y pensamiento (DiSessa, op.cit.). Por otra parte, el plano de lo material y lo cognitivo en el intercambio con entornos tecnológicos no puede concebirse en ausencia de una dimensión social que se vincula con las bases de una comunidad en la que los otros planos cobran valor y sentido. Es, por tanto, de una estructura tríptica de vinculaciones (material, cognitivo-simbólica y social) que los entornos tecnológicos podrían favorecer en tanto actividades mediadas y colaborativas.

La idea de entornos abre, por otra parte, una línea de reflexión en torno a los procesos de modelización y de construcción del conocimiento. En la construcción de entornos simulados subyacen modelos analíticos y sintéticos que dan cuenta de concepciones de ciencia, de conocimiento y de enseñanza. Penner (2000) diferencia básicamente dos tipos de modelos: modelos físicos que incluyen todas las formas relativas a fenómenos que tienen manifestación externa (un planetario y un tornado, entre otros) y modelos conceptuales que no dependen de representaciones concretas dado que existen como conceptos en las mentes humanas (las leyes de gravedad newtonianas, por ejemplo).

Las tecnologías introducen la posibilidad del modelaje a través de entornos simulados (especialmente contruidos a partir de lo que Penner denomina "modelos físicos") que permiten la exploración, el ensayo y error, la predicción, la resolución de problemas y la externalización de representaciones sobre concepciones ingenuas, entre otros procesos cognitivos. Si bien las simulaciones cuentan con un modelo preestablecido de antemano y pocas veces transparente al usuario, permiten, a pesar de sus limitaciones, operar con entornos y herramientas que se asemejan a situaciones de la vida profesional y académica.

Los micromundos, por su parte, se conciben como una especie de simulación que recrea el mundo real pero en formato textual documental que compromete en forma simultánea la realización de diferentes tareas y la evaluación y comprensión de los principios que subyacen a las posibilidades que el mismo entorno ofrece. Se trataría de un género de documentos computacionales, que busca favorecer la comprensión de los estudiantes a través de la exploración y la reflexión sobre las operaciones que los mismos estudiantes llevan a cabo ayudados por las herramientas que la computadora les provee (Di Sessa, 2000: 47).

Simuladores y micromundos recuperan para su navegación el lenguaje hipertextual que caracteriza a Internet como Red de redes; circulaciones lineales, no lineales, espiraladas, concéntricas, etc. Un hipertexto entendido como una matriz de textos potenciales que extiende la navegación por vastas redes digitales en el seno de las cuales una multitud de personas anota, aumenta y conecta los textos entre sí (Lévy, op.cit.: 41).

La linkeabilidad del modo hipertextual refiere a dos niveles de uso y análisis: las palabras entendidas en el texto y su significación, por un lado, y por el otro, las palabras como nexo a otros textos (Dorbolo, 1999). Esto implica la tarea de comprender la palabra en su entorno textual como en su potencial de conexión con otros textos en el espacio virtual intertextual. En este sentido, los entornos virtuales con sus características hipermediales van generando nuevos juegos del lenguaje en relación con las formas de escritura y de comprensión de lo textual.

De esta manera, los dispositivos hipertextuales en entornos tecnológicos constituyen una especie de objetivación, exteriorización y virtualización de los procesos de comprensión lectora. Los recorridos, señalizaciones o redes de indicadores representan organizaciones particulares y selectivas; hiperdocumentos que dan cuenta de diferentes entramados subjetivos de significados.

Estas construcciones sobre la noción de entorno tecnológico permitirían reinterpretar las ideas de Wanger y Lave (1993) de aprendizaje situado y de sistemas de actividad (Chaicklin y Lave, 2001).

Estas autoras reconocen que la actividad situada implica cambios en el conocimiento y en la acción. Se entiende el aprendizaje como parte integrante de sistemas de actividad que se desenvuelven social, cultural e históricamente y que involucran a personas que se vinculan de maneras múltiples y heterogéneas. "Un sistema de actividad integra al sujeto, el objeto y los instrumentos (herramientas materiales y también signos y símbolos) en un todo unificado que incluye relaciones de producción y comunicación, distribución e intercambio". (Chaiklin y Lave, 2001: 30).

La idea de entorno tecnológico permitiría, entonces, la reconstrucción de la noción de actividad situada en tanto herramientas, contenidos, procesos de simbolización y de representación, que se integran en un soporte tecnológico de recorridos múltiples y descentrados en los que se entran lo individual, lo intersubjetivo y lo grupal. En estos sistemas de actividad mediados tecnológicamente, se entiende que los procesos de apropiación genuina del conocimiento deben diferenciarse de la acumulación de información. En el apartado siguiente profundizaremos sobre esta distinción.

Presentación del caso: los programas de simulación en las ciencias biomédicas. Las tecnologías como método de enseñanza para la resolución de problemas

Se presentan dos casos que permiten dar cuenta de la incorporación de tecnologías en dos cátedras universitarias como parte de la propuesta didáctica con el objeto de establecer puentes con las futuras prácticas profesionales. Se trata de la Cátedra de Farmacología de la Facultad de Farmacia y Bioquímica de la U.B.A., que utiliza programas de simulación para la resolución de problemas farmacológicos genuinamente relacionados con el oficio del farmacéutico y de la Cátedra de Fisiología de la Facultad de Veterinaria de la U.B.A. que ha incorporado un programa de simulación sobre fisiología animal.

En el caso de Farmacología, la clase comienza con la resolución de problemas con lápiz y papel y con las dificultades tanto teóricas como metodológicas que surgen de dichos problemas. De la discusión teórica surgen nuevas categorías para el análisis de los problemas y nuevos lineamientos para su resolución. Es el docente quien desde su conocimiento experto plantea nuevos interrogantes y aporta criterios para el análisis de los problemas sugeridos. Luego de esta discusión, el docente propone problemas diferentes con otros niveles de complejidad. Los alumnos deben resolver estos problemas en forma grupal y con lápiz y papel y recién una vez que los resuelven pasan a la computadora y contrastan con los resultados que arroja el software de simulación. Los docentes van pasando por los grupos y preguntan si los resultados coinciden, por qué coinciden, por qué no y sugieren nuevos problemas para que los estudiantes resuelvan con la computadora. El docente exige justificaciones, pide nuevos ejemplos, brinda nuevos problemas, andamia (Bruner, 1987) los procesos de construcción del conocimiento.

En realidad, el origen de la incorporación de los programas de simulación se debe a presiones legales, éticas y económicas que se sustentan en la necesidad de evitar la utilización de animales de laboratorio para la enseñanza y limitar su uso para la investigación. Desde una mirada ética, el trabajo con la simulación genera una solución ante el problema de limitar la experimentación en vivo. La ética se ocupa de la formulación y evaluación de criterios que nos ayudan a distinguir una conducta buena de una mala. La moral es el conjunto de comportamientos que solemos aceptar como válidos mientras que la ética es la reflexión sobre el por qué de su validez y la comparación con la moral de personas diferentes. En el trabajo con nuevas tecnologías se vislumbra como perspectiva la posibilidad de incorporar simulaciones a través de programas y de realidad virtual que permitan reemplazar algunas experimentaciones en vivo. El respeto por los seres vivos, la formulación de criterios acerca de la validez de estas simulaciones para la buena enseñanza, la evaluación acerca de estas tecnologías en relación con los fines de la enseñanza, nos muestran que la perspectiva ética se convierte en una dimensión interesante en el trabajo con tecnologías virtuales hacia fines del siglo.

La perspectiva ética atraviesa, por otra parte, el modo en que los docentes redefinen sus propias estrategias frente a la experimentación en vivo y a su propio oficio de docente-investigador.

En palabras de una docente de la Facultad de Veterinaria, UBA (24/06/99):

"En la investigación hay un problema mucho más serio. Hay que mantener al animal vivo. Ahora está de moda trabajar con el animal consciente. Porque se han hecho muchas investigaciones sobre el animal inconsciente por el mismo motivo que yo les dije. Es a partir de una mejora de las cirugías y de un mejor manejo del dolor y demás. Pero no puede no haber una etapa experimental que pase por el animal vivo en situación semejante a los seres humanos. Usted tiene animales de experiencia de larga duración (dos o tres años) para probar si una droga es cancerígena y no puede matar al animal cuando aparece el síntoma porque puede estar errado y no haber sido la droga. Hay que mantenerlo. Se están poniendo muchas normas éticas en la investigación".

De esta manera, en la Cátedra de Farmacología, por ejemplo, los docentes utilizan el "Cardiolab" que es un programa que simula tener un animal anestesiado, al que se le puede medir la presión arterial y simular la inyección de una serie de fármacos para visualizar los efectos que dichos fármacos producen sobre la presión arterial y la frecuencia cardíaca. Los estudiantes pueden experimentar la aplicación de diversas dosis, aumentar concentraciones en las dosis, etc. y estudiar los efectos producidos. En general, es un programa sencillo cuyas respuestas se encuentran prearmadas. Los docentes introducen también un programa llamado «Interacciones» en el cual se plantea un caso clínico de un paciente determinado. El alumno puede examinar la planilla del médico, la ficha clínica, la planilla del laboratorio, etc. y debe resolver, ante una persona con determinados síntomas, qué tipo de medicamentos aplicar. Por último, utilizan el "Kinetics" que es un software sobre cinética. Se trata de un programa que permite operar sobre las pautas de dosificación de los fármacos. Los estudiantes aprenden a establecer parámetros fármaco-cinéticos y comprender qué sucede cuando se modifican dichos parámetros.

Para estos docentes, las tecnologías, especialmente, la **informática**, aparecen como la herramienta más poderosa y valiosa puesta a comparar con otras herramientas. Si bien no es la única, sí es poderosa a la hora de pensar en propuestas de clase que favorezcan la transferencia en los estudiantes. En el caso de los docentes que implementan programas de simulación para la resolución de problemas, la informática favorece la futura transferencia a situaciones de la vida profesional de los futuros farmacéuticos. Dado que trabaja sobre casos reales, permite tomar decisiones y arriesgar sin perjuicio de equivocarse dado que la máquina permite que uno ensaye, pruebe y evalúe sin que esto perjudique a los estudiantes. Frente a Internet, los programas de simulación aparecen como más efectivos dado que favorecen, según los docentes, la **interactividad**. En el caso de estos docentes, los videos e Internet resultan herramientas menos potentes ya que fomentan la **pasividad** en los estudiantes.

En palabras de uno de los docentes (19/08/98):

"El video es una grabación en la cual no hay interacción entre el alumno y un programa. Los videos están hechos por la cátedra, filmamos distintos experimentos que los alumnos pueden ver. Están filmados para no tener que repetir los experimentos porque lo único que los estudiantes ven es una convulsión y la prevención de la convulsión pero no hay ningún tipo de trabajo directo".

Estas citas dan cuenta de que existen distintas apreciaciones a la hora de decidir qué tecnologías resultan más adecuadas para las clases. Parecería que, en este caso, los docentes evalúan la incorporación de tecnologías en función de las potencialidades de cada uno de los soportes y de su fuerte impacto en el aprendizaje de los estudiantes. Por otro lado, asignan a las tecnologías, sobre todo a la informática, un valor poderoso. Parece como sí, la interactividad, más que surgir del intercambio entre docentes y estudiantes y de la propuesta didáctica fuera una categoría propia de las herramientas informáticas.

Bettetini y Colombo (1995) plantean que el de la interactividad es un problema importante introducido por la innovación tecnológica. Según estos autores, es preciso distinguir semánticamente interactividad del término "interacción comunicativa", la que puede ser considerada como una forma particular de acción social de los sujetos en sus relaciones con otros sujetos. La interactividad, en cambio, consiste en la imitación de la interacción por parte de un sistema mecánico o electrónico que contemple como su objetivo principal o colateral también la función de comunicación con un usuario (o entre varios usuarios). Los medios interactivos simulan precisa y exclusivamente interacciones comunicativas. El término simulación ya evidencia en un primer análisis superficial una profunda ambivalencia semántica: simular significa "engañar", "ilusionar", pero también "reproducir directamente, imitar". En el caso de la simulación sensorial, la intención es la de producir un significativo material que pueda remitir a un modelo o a un ícono capaz de estimular impactos análogos a los producidos por las formas referenciales de un modo verosímil, creíble. La virtualidad, por lo tanto, es una característica de todo proceso de simulación y está estrechamente ligada a cualquier procedimiento de modelización. Es por ello que el mismo uso de simuladores en la enseñanza, da cuenta de un diseño de clase basado en la estrategia de modelización.

Este trabajo con diversos programas de simulación ha llevado a los docentes a modificar su propuesta de trabajos prácticos así como también las guías que se implementan para el trabajo con el software.

En palabras de otro de los docentes:

"El 'Kinetics', requería armar la guía de trabajos prácticos en la cual se pudiera explicar cómo tenía que actuar el estudiante paso a paso, por lo menos para explicarle cómo enfrentarse a la máquina, porque era un problema que el estudiante no supiera bien qué hacer. Entonces, lo que tratamos de hacer al principio era explicar cuál iba a ser el objetivo de la actividad, hacer una introducción en el objetivo de la actividad y tratar de explicar cómo eran los pasos y qué era lo que tenía que hacer y cómo tenía que aprovechar el práctico".

En este caso, la modelización a partir del uso de programas de simulación para la resolución de problemas farmacológicos requiere de un andamiaje fuerte por parte de los docentes y de una nueva estructuración de las propuestas de clases prácticas. Es decir, que el software se considera una herramienta poderosa para el aprendizaje pero exige la reconstrucción de la propuesta didáctica por parte de los docentes para favorecer los procesos comprensivos. Nos parece, entonces, que la existencia de este soporte lleva a reenfocar la propuesta de enseñanza, a clarificar los propósitos y a discutir cuál es el lugar del experimento en la formación de los estudiantes universitarios. En este sentido, encontramos que estos docentes toman decisiones respecto de cuándo y cómo incorporar nuevas tecnologías y que estas decisiones se encuentran estrechamente vinculadas con aspectos epistemológicos, metodológicos y disciplinares de las ciencias biomédicas. Se trata de modelos especialmente contruidos para la enseñanza que no intentan reemplazar la experimentación en vivo.

Según una de las docentes de la Cátedra:

"Los experimentos de simulación nunca van a reemplazar a la experimentación en vivo. No tiene sentido, nunca vas a reemplazar la técnica que es una destreza. En la experimentación, el alumno aprende una destreza en cuanto a la operación de un animal, una metodología experimental; el experimento de simulación lo que hace simplemente a los fines de una mejor comprensión de ciertos temas teóricos, es plantear problemas".

En el caso de la Cátedra de Fisiología, la preocupación principal se centra en que los alumnos recuperen los núcleos básicos del conocimiento fisiológico. La construcción de un modelo matemático que permita dar cuenta del funcionamiento fisiológico del animal se fundamenta en la necesidad de favorecer procesos de "aplicación del conocimiento" (en palabras de una docente de la Cátedra) no unívocos ni lineales.

El diseño de clase se focaliza en el trabajo sobre situaciones problemáticas. No obstante, en este caso el software de simulación ocupa un lugar específico: el de la motivación. Luego de haber intentado por medio de otra herramienta tecnológica como el video, entienden que los software de simulación pueden favorecer el trabajo por ensayo y error, y recuperar un medio que a los estudiantes les agrada, la computadora, ya que conocen su operatividad que es cercana a la forma de operar que ellos tienen en su vida cotidiana. A diferencia del caso anterior en el cual la preocupación deviene de la articulación con la futura inserción profesional de los alumnos, este caso remite fuertemente a una concepción instrumental de la tecnología en el aula.

En palabras de una docente (24/06/98):

"Reitero que ni la calculadora ni la computadora reemplazan nada. Son un método más. Es mi opinión. Nuestros alumnos trabajan con ensayo y error. Prueban, ven qué pasa y vuelven a probar. Entonces hasta ahí no es un buen método de estudio. Pero fue una forma más de motivarlos. Igual que un docente que trae a su perra y le tira varias veces el borrador y después le ausculta la frecuencia cardíaca. Bueno, acá lo podían ver. A los chicos les gustan mucho las computadoras. No tienen dificultad en sentarse frente a una computadora pero sí en utilizar el estetoscopio. Esta vieja carpeta son viejos intentos de hacer programas. Por eso me enganché con el software. Yo tenía un background para esto. Estos son programas matemáticos que empecé a hacer y me faltó la interdisciplina, alguien que lo pusiera en la computadora".

Esta cita da cuenta de cuán fuerte ha sido la impronta en el campo de la tecnología educativa, según la cual es el medio motivador del aprendizaje.

De todos modos, la incorporación de las simulaciones centra la discusión en torno al sentido de incorporar estos programas en relación con el futuro profesional de los estudiantes y con los procesos de transferencia. Los programas de simulación permiten que los estudiantes ensayen, prueben y arriesguen a equivocarse. Ayudan a representar eventos del mundo real lo más cercanos posibles a cómo aparecen en la realidad (Snir, Smith & Grosslight, 1995). Algunos programas ayudan a los estudiantes a percibir lo que no puede ser observado directamente en los laboratorios de experimentación. Los entornos modélicos ayudan a reproducir fenómenos y a especificar los objetos y las relaciones que piensan los sujetos sobre esos fenómenos (Penner, 2000: 2). Y, como hemos analizado, favorecen nuevos tipos de interactividad y de entornos comunicacionales que son objeto de análisis para la didáctica.

Los programas de simulación construyen modelos en los cuales se representan objetos, atributos de los objetos y relaciones entre predicados científicos. "El poder de un modelo científico se basa en su habilidad de sostener una red de relaciones que se abstrae a partir de un análisis del sistema real". (Snir, Smith & Grosslight, op. cit.: 110). Según estos autores, existen tres niveles de aprendizaje respecto de los fenómenos de las ciencias naturales: en primer lugar, los estudiantes necesitan aprender ciertos hechos directamente observables de los fenómenos naturales y hacer algunas generalizaciones simples de dichos hechos. El segundo nivel consiste en la construcción de teorías científicas que conceptualicen y expliquen los fenómenos observados. Por último, necesitan aprender sobre los propósitos y la metodología

científica. La ciencia es una práctica que busca dar sentido al mundo que nos circunda. En este sentido, la externalización que se produce en el intercambio que provoca el trabajo con programas de simulación es esencial para el desarrollo teórico en tanto posibilita la reflexión sobre la observación y la interpretación de los resultados (Penner, op.cit.: 2).

Las simulaciones se caracterizan por la presencia de un modelo pre-establecido que no es accesible y transparente al alumno (Penner, op.cit.:16). De esta manera, los estudiantes no pueden modificar el modelo que subyace a la simulación. Esta predeterminación en la programación y su incapacidad para producir una situación inesperada o azarosa resulta una limitante para el aprendizaje. Es por ello que los docentes deben recuperar el trabajo con el azar y la aleatoriedad propios de toda situación científica. El diseño de clase se orienta, de esta manera, hacia la interpretación de los resultados y de los procesos involucrados en el trabajo con programas de simulación. Los docentes integran los modelos computacionales con experiencias en laboratorio y deciden qué problemas y qué explicaciones conviene plantear en cada caso. Los programas de simulación favorecen, en palabras de los docentes, la manipulación de variables y la representación de conceptos que se infieren de la resolución de problemas simulados. Sin una comprensión de las fundamentaciones acerca de la cinética farmacológica, el alumno no puede resolver los problemas que se le plantean y la simulación se restringe a una simple operatoria de ensayo y error sin la incorporación de aspectos epistemológicos y metodológicos del cuerpo disciplinar de la farmacología.

En palabras de un docente:

"El 'Cardiolab' trabaja muy poco la parte metodológica. Uno lo observa con los alumnos y ve que hay cosas de la teoría que ellos no comprenden. La conocen pero cuando se les plantea una situación diferente no la pueden resolver. A veces, trabajando con el programa, vemos que ellos tienen el concepto pero no entienden lo que están haciendo, no saben explicarlo".

La mayoría de los problemas que se presentan en los software refieren a algoritmos: conjuntos de reglas que automáticamente generan respuestas (Mayer, 1986). Según este autor (op. cit.: 197) "los algoritmos garantizan respuestas específicas puesto que simplemente aplican un conjunto de reglas pasadas a una situación nueva". En este sentido, los docentes intentan plantear obstáculos frente a las respuestas automáticas y promover la multiplicidad de soluciones para algunos problemas (heurísticos que admiten diferentes soluciones) dado que se encuentran preocupados ante los problemas de comprensión que detectan en sus estudiantes.

Los docentes entienden que los problemas de comprensión no surgen del trabajo con las computadoras sino que tienen que ver con dificultades, en este caso, en la transferencia de conceptos en el proceso de resolución de problemas. En este sentido, los programas de simulación se convierten en herramientas potentes para el trabajo conjunto dado que los estudiantes pueden experimentar a través del ensayo y error, perdiendo el miedo a equivocarse y los docentes pueden asimismo estar atentos al tipo de errores y guiar hacia una construcción disciplinar del conocimiento. Una vez que han logrado automatizar operativamente el trabajo con los programas de simulación, dedican tiempo a la construcción del conocimiento disciplinar y a la transferencia de dicho conocimiento con la práctica profesional. El problema que se deriva de este trabajo consiste en que la cultura que se genera a partir del intercambio no es la de la clase reflexiva sino que es la de la respuesta rápida y el ensayo y error.

En este sentido, retomando la idea de los nuevos entornos comunicacionales que devienen del intercambio con el software de simulación, la perspectiva que se abre para la didáctica es el análisis de la comunicación didáctica en una clase signada por la cultura del ensayo y el error desde el punto de vista del aprendizaje, y por la promoción de procesos comprensivos en relación con el oficio del farmacólogo desde la perspectiva de los docentes.

De todos modos, el diseño de clase se propone recuperar los procesos de comprensión del estudiante y el puente con el oficio del farmacéutico y del veterinario. La reconstrucción del conocimiento experiencial forma parte de la propuesta didáctica en tanto permite una aproximación al conocimiento disciplinar.

Sintéticamente, y a partir de este análisis, podemos afirmar que no es la incorporación de tecnologías lo que define que este caso refiera a una buena propuesta de clase. El caso del software de simulación en la Facultad de Farmacia y Bioquímica da cuenta de una preocupación por generar propuestas de transferencia que favorezcan la reconstrucción del conocimiento experiencial por parte de los estudiantes, rompiendo con una tradición eficientista, tecnocrática y funcionalista de la transferencia (Lave, 1995), característica de este tipo de carreras. La introducción de este tipo de herramientas cobra otro sentido en tanto comienza a plantear nuevas categorías de análisis para la didáctica. La simulación de entornos comunicacionales que favorecen procesos interactivos da cuenta de que a partir de las tecnologías en clase pueden pensarse otras aproximaciones a la construcción del conocimiento disciplinar con fuerte énfasis en los procesos de modelización y de percepción en tanto que el énfasis en la dimensión icónica cobra gran sentido. Esta modelización recupera además la importancia de la comunidad académica y de los perfiles profesionales.

La propuesta de los docentes con los programas de simulación se sustenta en el propósito de favorecer los procesos de comprensión y de transferencia. En este caso, se fomenta por un lado la transferencia cercana (dado que se presentan problemas de características similares con lápiz y papel y en la computadora) y por otro lado, la transferencia lejana (dado que se establecen pautas y lineamientos para la práctica profesional para la cual los estudiantes deben explicitar las abstracciones que realizan de los problemas en los que trabajan y los docentes utilizan analogías para favorecer la comprensión).

Se trata, entonces, de docentes que muestran experticia en el dominio de la disciplina que enseñan e incorporan tecnologías cuando éstas son indispensables en relación con los procesos de apropiación del conocimiento o cuando, pensando en los procesos de aprendizaje de sus estudiantes, favorecen la reconstrucción del conocimiento experiencial de los estudiantes y tienden puentes con las prácticas profesionales.

Este caso permite avanzar en la hipótesis acerca de la transformación de la simulación como herramienta tecnológica. En este sentido, parecería que el fuerte peso en lo profesional fuera configurando un diseño de clase en el cual la simulación como herramienta transformada en método, favoreciera la construcción del conocimiento.

Algunas implicancias para la enseñanza: Tecnologías para la experimentación, la representación y la abstracción

Tal como hemos visto para la resolución de problemas en el área de las ciencias biomédicas, la simulación permite la experimentación a partir de entornos simulados e interactivos. La riqueza de los problemas depende de su fertilidad y de su potencia con respecto al campo disciplinar desde la propuesta didáctica que sugieren los docentes. En este sentido, es el recorte de la problemática que el docente realiza desde su experticia en la disciplina y el andamiaje que brinda al estudiante en la resolución de los problemas, los que guían una construcción certera del conocimiento por parte del estudiante. Es decir, que los programas de simulación se erigen en herramientas que sustentan dicha construcción y que permiten a docentes y estudiantes externalizar y objetivar sus concepciones científicas sobre los fenómenos naturales y fisiológicos para luego analizar esas representaciones.

"Hablar de simulación a propósito de cualquier producción remite a la coexistencia de dos aspectos: la referencialidad respecto de un objeto representado y la autonomía del lenguaje usado para la representación" (Bettetini y Colombo, op.cit.). En la simulación sensorial, la intención es la de producir un significativo material que pueda remitir a un proyecto o a un modelo o a un ícono capaz de estimular impactos análogos a los producidos por las formas referenciales, o de todos modos creíbles y utilizables en virtud de su verosimilitud o de su adecuación a la instancia que ha dado origen a la específica producción de sentido. (...) "Es la simulación informática la que proporciona a lo virtual un espesor totalmente nuevo en la consistencia de signos que resultan directamente de un juego de reglas, de abstracción formal" (Bettetini y Colombo, op.cit.: 91). El universo virtual de proyectos y convenciones que, como hemos visto, guía toda producción icónica, es traducido a imágenes dotadas de una autonomía simbólica propia. La duplicación o la producción de un objeto nuevo ocurren fuera del orden de la representación. Desde esta óptica la imagen es el objeto mismo y posee sus atributos.

Como hemos mencionado, los modelos físicos incluyen todas las formas que presentan una manifestación física. En cambio, los modelos conceptuales no dependen de representaciones concretas sino que existen como conceptos en las mentes humanas. Clement (en Penner, op.cit.) distingue también los modelos replicativos de los explicativos. Los primeros exhiben un comportamiento similar a aquellos de los fenómenos que son modelados mientras que los modelos explicativos se proponen dar cuenta de la causalidad que subyace entre dos o más fenómenos, es decir, por qué ocurre tal o cuál fenómeno.

En el caso analizado se trata de una simulación construida en base a un modelo físico explicativo que favorece la posibilidad de representar relaciones causales entre fármacos y enfermedades. Esta representatividad simulada contribuiría, entonces, a favorecer procesos de abstracción en los casos de experimentación simulada. En la realización de sistemas interactivos nos encontramos, por un lado, frente a la extrema naturalización de la relación con ellos, determinada por el hecho de que se desarrollan interfases cuyo objetivo es hacer que el usuario no deba realizar operaciones mentales de tipo complejo para traducir y especificar sus intenciones en un lenguaje mediado por la tecnología. La naturalidad de las interfases puede interpretarse como el avance hacia una hipotética compatibilidad entre el usuario y el sistema que implique un saber hacer no aprendido pero conocido por el usuario. Por otro lado, se realiza una simulación comportamental por parte del sistema que pone de manifiesto la asunción de un papel central en el diseño de los sistemas, del modelo de la interacción humana, tanto si se trata de la simulación de una interacción comunicativa entre individuos como de la simulación de una experiencia llevada a cabo en un entorno. La construcción de un entorno simulado implica la utilización de íconos y representaciones gráficas que, por otra parte, favorece procesos de simbolización perceptiva.

En relación con la transferencia podemos decir que el tipo de problemas de simulación con los que los estudiantes se enfrentan es similar a aquellos que los docentes proponen para resolver con lápiz y papel. En este sentido, se trataría de un tipo de transferencia cercana (Perkins, 1992). El intercambio con la computadora no exige un alto compromiso por parte de los alumnos ni un grado elevado de abstracción ya que se trata de proponer datos coherentes en la pantalla y es el programa el que resuelve el problema y lo grafica. No obstante, dado que los estudiantes deben comparar el modo de operar del programa de simulación y sus resultados con sus propios modos de pensar el problema y sus propios resultados, este intercambio con la tecnología promueve una participación comprometida por parte de los estudiantes. Más que un dominio casi automático los docentes fomentan el empleo de operaciones mentales deliberadas. En este caso, son las conversaciones entre los mismos estudiantes y de ellos con los docentes -todos implicados en el proceso de resolución de un problema genuino para la disciplina mediado por un programa de simulación-, los que van favoreciendo el desarrollo de un conocimiento en la acción, "una epistemología activa" (DiSessa, 1995) que lleva incluso a reflexionar sobre las características científico-farmacológicas o fisiológicas de ese determinado problema.

Los estudiantes deben abstraer estrategias metodológicas centrales para la cinética dentro de la farmacología y vincular dichas estrategias con contenidos centrales del campo disciplinar y con futuras prácticas profesionales. En este sentido, los docentes están fomentando una transferencia de "vía alta" (Perkins, op. cit.) a partir de la cual las abstracciones, principios o estrategias que este proceso conlleva estarán luego disponibles para ser transferidos de formas conscientes.

Hemos encontrado que los programas de simulación favorecen también la transferencia porque trabajan con una operatividad cercana a la vida cotidiana. Los estudiantes acceden a situaciones similares a las de su futuro desempeño profesional y reconstruyen con el docente las dificultades que surgen en el proceso de resolución de problemas. No obstante, el acceso al conocimiento en un contenido con fuerte componente experimental, se ve delimitado por programas matemáticamente contruidos que desde la simulación y un modo de operar basado en el ensayo y error impiden el trabajo con situaciones que requieren no sólo de aprendizajes técnicos sino más bien estratégicos. En este sentido, si bien desde el diseño de clase en la resolución de problemas propuesta por los docentes se van favoreciendo procesos de abstracción en torno a categorías centrales del contenido disciplinar, los programas de simulación en sí mismos favorecen procesos de ensayo y error.

Los software construyen modelos que simulan la experimentación pero no la reemplazan. Como hemos visto, permiten la representación a partir de la manipulación de variables pero le queda al docente favorecer procesos de abstracción por la transferencia lejana y no por ensayo y error.

Tal como señalan Bettetini y Colombo (op.cit.), cuando se introducen medios interactivos, es posible identificar algunos "efectos de retorno". Por ejemplo, el hecho de que el sistema tienda a reaccionar a las acciones del usuario en tiempo real tiene también el fin de constituir un estímulo continuo a la reacción por parte del usuario. Esta observación permite entender cómo el tiempo rápido de respuesta del sistema puede llevar al usuario a adoptar un nuevo concepto de velocidad. Según estos autores, y a modo de hipótesis, esto puede llevar a actitudes de des-responsabilización por parte de los estudiantes.

Estos casos observados muestran por último que, hasta el momento, es poca la interactividad que se produce a partir de los intercambios con estos software de simulación. Los programas de simulación presentan configuraciones predeterminadas y los soportes que se utilizan para el diseño son cerrados. En este sentido, la creación y negociación de significados se sustenta a partir del intercambio con docentes y otros estudiantes y no en las nuevas tecnologías. Esto se debe a que todavía la circulación de estas herramientas en nuestro país es limitada y a que los docentes deben aprender a explotarlas en toda su riqueza en relación con su campo disciplinar y a repensar sus propuestas de clase desde otro marco de pensamiento. En este sentido, sigue siendo la propuesta didáctica la que debe modificarse en relación con los nuevos adelantos tecnológicos. En este caso, la tecnología deviene en método introducido para favorecer procesos de experimentación y de abstracción.

Algunas conclusiones

Hemos reconocido en este caso, la transformación de los entornos simulados en disciplinas vinculadas con las ciencias biomédicas, en herramientas tecnológicas que favorecen los procesos de experimentación, representación y abstracción. En este sentido, pareciera que el fuerte peso en lo profesional va configurando un diseño de clase en el cual la simulación como herramienta transformada en método, favorecería este tipo de procesos en la construcción del conocimiento. En la realización de sistemas interactivos nos encontramos, por un lado, frente a la extrema naturalización de la relación con ellos, determinada por el hecho de que se desarrollan interfaces cuyo objetivo es hacer que el usuario no deba realizar operaciones mentales de tipo complejo para traducir y especificar sus intenciones en un lenguaje mediado por la tecnología. Por otro lado, se realiza una simulación comportamental por parte del sistema que pone de manifiesto la asunción de un papel central en el diseño de los sistemas, del modelo de la interacción humana, tanto si se trata de la simulación de una interacción comunicativa entre individuos como de la simulación de una experiencia llevada a cabo en un entorno. La construcción de un entorno simulado implica la utilización de íconos y representaciones gráficas que, por otra parte, favorecen procesos de simbolización perceptiva. En el diseño de entornos simulados subyacen modelos analíticos y sintéticos que dan cuenta de concepciones de ciencia, de conocimiento y de enseñanza. La recurrencia a simulaciones construidas en base a modelos físicos explicativos favorece la externalización de las representaciones. Los estudiantes pueden, tal como hemos analizado en los casos de las ciencias biomédicas, objetivar sus pensamientos sobre los modos en que piensan los procesos científicos. En este sentido, los alumnos tienen la oportunidad de intercambiar sus propios modelos en las relaciones causales sobre los fenómenos naturales en cuestión (Penner, 2001: 15) y de esta manera se van gestando procesos de metarrepresentación que van dando cuenta de la posibilidad de separar la operatoria con el simulador de la reflexión en torno a sus variables y procesos.

Hemos encontrado que los programas de simulación favorecen, además, la transferencia porque trabajan con una operatividad cercana a la vida cotidiana. Los estudiantes acceden a situaciones similares a los de su futuro desempeño profesional y reconstruyen con el docente las dificultades que surgen en el proceso de resolución de problemas.

Bibliografía

- Arditi, B. Junio 1993. *Virtual Spaces. The reinscription of the public-private divide*. Inédito.
- Barret, E. & Redmond, M. 1997. **Medios contextuales en la práctica cultural. La construcción social del conocimiento**, Buenos Aires: Paidós Multimedia.
- Bereiter, C. 2002. *Education and Mind in the Knowledge Age*. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates Publishers.
- Bettetini, G. y Fumagalli, A. 2001. **Lo que queda de los medios. Ideas para una ética de la comunicación**. Buenos Aires: La Crujía Ediciones.
- Bettetini, G. y Colombo, F. 1995. **Las nuevas tecnologías de la comunicación**. Barcelona: Paidós.
- Bruner, J. 1997. **La educación: puerta de la cultura**. Madrid: Aprendizaje Visor.
- Burbules, N. y Callister, T. 2001. **Riesgos y promesas de las tecnologías de la información**. Buenos Aires: Granica.
- Castells, M. 1999. **La era de la información. Economía, sociedad y cultura**. Vol. 1, La sociedad en Red. Madrid: Alianza Editorial.
- Chaiklin, S. ; Lave, J. 2001. **Estudiar las prácticas. Perspectivas sobre actividad y contexto**. Buenos Aires: Amorrortu.
- Di Sessa, A. 2000. *Changing minds. Computers, Learning and Literacy*. Cambridge: MIT Press.
- Greeno, J.G., Smith, D.R., & Moore, J. L. 1993. *Transfer on trial: Intelligence, cognition and instruction*. New York: Ablex.
- Lévy, P. 1999. **¿Qué es lo virtual?** Barcelona: Paidós.
- Lion, C. 1997. **Reforma, tecnología y perfeccionamiento docente. Un análisis crítico y un encuentro de nuevo tipo**. En Litwin, E. (Coord.) Enseñanza e innovaciones en las aulas para el nuevo siglo. Buenos Aires: El Ateneo.
- Lion, C. 1995. **Mitos y realidades en la tecnología educativa**. En: Litwin, E. (comp.) Tecnología educativa. Política, historias, propuestas. Buenos Aires: Paidós.
- Litwin, E. (Coord.) 1997. **Enseñanza e innovaciones en las aulas para el nuevo siglo**. Buenos Aires: El Ateneo.
- Litwin, E. 1997. **Las configuraciones didácticas. Una nueva agenda para la enseñanza superior**. Buenos Aires: Paidós.
- Martín Barbero, J. 1987. **De los medios a las mediaciones**. México: Gustavo Gilli.
- Mayer, R. 1986. **Pensamiento, resolución de problemas y cognición**. Barcelona: Paidós.

Penner, D. 2001. **Cognition, Computers, and Synthetic Science: Building Knowledge and Meaning Through Modeling.** En: *Review of Research in Education*, Nro. 25, 2000-2001, Washington: American Educational Research Association.

Perkins, D. & Salomon, D. 1992. **Transfer of Learning.** *International Encyclopedia of Education, Second Edition*, Oxford: Pergamon Press. Extraído de URL (<http://www.learnweb.harvard.edu/alps>).

Salomon, G. (comp.) 2001. **Cogniciones distribuidas. Consideraciones psicológicas y educativas.** Buenos Aires: Amorrortu.

Snir, J., Smith, C. y Grosslight, L. 1995. **Conceptually Enhanced Simulations: A computer Tool For Science Teaching.** En: *Software Goes to School. Teaching for understanding with new technologies.* New York: Oxford University Press.

Stake, R. 1998. **Investigación con estudio de casos.** Madrid: Morata.

Vasilachis, I. 1992. **Métodos cualitativos I. Los problemas teórico-epistemológicos.** Buenos Aires: Centro Editor de América Latina.

Walther, J. 1996. **Computer-Mediatred Communication: impersonal, interpersonal and hyperpersonal interaction.** En: revista *Communication Research*, Nro. 23.

Wassermann, S. 1999. **El estudio de casos como método de la enseñanza.** Buenos Aires: Amorrortu.

Willson, B. 1998. **Constructivist learning environments. Case Studies in Instructional Design.** New Jersey: Educational Technology Publications.

¹ La investigación con asiento en el Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Educación de la Facultad de Filosofía y Letras, contó con la dirección de la Dra. Edith Litwin en el marco de una beca de la Universidad de Buenos Aires y que culminó con mi tesis de doctorado: **Las prácticas de enseñanza de los docentes universitarios analizadas desde la perspectiva del impacto de las tecnologías en el conocimiento.**

* Dra. en Educación, Universidad de Buenos Aires. Licenciada en Ciencias de la Educación, Universidad de Buenos Aires.