

Fundamentos para el uso de simulaciones en la enseñanza

Zulma Cataldi, Fernando J. Lage y Claudio Dominighini

Universidad Tecnológica Nacional zcataldi@frba.utn.edu.ar
Universidad Nacional de Tres de Febrero zcataldi@untref.edu.ar

Resumen

Debido a la dificultad de recrear algunas situaciones para su estudio, hoy en día, una posibilidad muy útil son los simuladores, que son programas que buscan reproducir un fenómeno natural mediante la visualización de los diferentes estados que el mismo puede presentar donde cada estado está definido y descrito por un conjunto de variables que cambian mediante la interacción en el tiempo con un algoritmo determinado a fin de describir de manera intuitiva el comportamiento del sistema real, dado que operar sobre éste es inaccesible. Una simulación es un conjunto de ecuaciones matemáticas que modelan en forma ideal situaciones del mundo real, ya sea por su dificultad experimentar o comprender. La importancia de las simulaciones reside en hacer partícipe al usuario de una vivencia para permitirle desarrollar hábitos, destrezas, esquemas mentales, etc. que influyan en su conducta, por lo que hace falta también controlar el tiempo de respuesta del usuario ya que en función de éste y de lo acertado de la decisión solucionará la situación simulada. Acerca al estudiante a la comprensión del mundo de su profesionalidad.

Palabras clave: simuladores, modelos, enseñanza.

2. Estado actual del conocimiento sobre el tema

La simulación es una de las herramientas más poderosas disponibles para los responsables en la toma de decisiones, diseño y operación de un sistema complejo. Ésta permite el estudio, análisis y evaluación de situaciones que de otro modo no sería posibles de analizar, permite responder a las pregunta: *¿Qué pasa si?*. Las simulaciones se han convertido en una herramienta indispensable para los ingenieros, diseñadores, analistas, administradores y

directivos para la resolución de problemas. Permite diseñar un modelo del sistema real, realizar experimentos con este modelo, a fin de comprender el comportamiento del sistema y evaluar las distintas estrategias operativas del sistema en estudio.

Un punto crítico en la representación del sistema conceptualizado como modelo es éste debe representar lo más fielmente posible al problema real. Una de las fortalezas de la simulación es la capacidad de ensayar tanto sistema reales existentes, como de aquellos que aún no han sido materializados, es decir aquellos que aún están en desarrollo. La simulación como una metodología aplicada permite a) describir el comportamiento de un sistema, b) predecir su comportamiento futuro, es decir, determinar los efectos que se producirá en el sistema ante determinados cambios del mismo o en su régimen operativo.

La simulación posee ventajas respecto de las soluciones analíticas dado que: a) Se pueden ensayar nuevos diseños y esquemas sin comprometer recursos adicionales de implementación, b) se puede usar para explorar nuevos procedimientos, reglas de decisión, estructuras administrativas y organizacionales, etc., sin interferir con la situación actual, c) se pueden detectar cuellos de botellas en flujos de materiales o información y probar nuevos procedimientos que mejoren tal situación, d) se usa para probar hipótesis sobre el comportamiento del sistema y ganar así conocimiento sobre el funcionamiento del sistema.

Sin embargo a pesar de estas ventajas tiene algunas desventajas, de las cual el modelador debe estar prevenido que: a) La simulación requiere de un entrenamiento y habilidades especiales, que se adquieren gradualmente, b) La simulación necesita de muchos datos de entrada altamente confiables. La adquisición de estos datos puede ser muy costosa en tiempo y

dinero. La simulación nunca podrá compensar la mala calidad de los datos de entrada; c) La simulación es un modelo de entrada-salida, no resuelve el sistema, sino que lo corre con esos datos. Si los datos de entrada son malos, la salida será mala, o si el modelo no está bien descrito, la salida no se ajustará a la realidad. Un mal modelo puede llevar a decisiones equivocadas.

Todos los modelos de simulación se llaman modelos de entrada-salida. Es decir, producen la salida del sistema si se les da la entrada a sus subsistemas interactuantes. Por tanto los modelos de simulación se “corren” en vez de “resolverse”, a fin de obtener la información o los resultados deseados. Son incapaces de generar una solución por sí mismos en el sentido de los modelos analíticos; solo pueden servir como herramienta para el análisis del comportamiento de un sistema en condiciones especificadas por el experimentador. Por tanto la simulación es una teoría, si no una metodología de resolución de problemas. Además la simulación es solo uno de varios planteamientos valiosos para resolver problemas que están disponibles para el análisis de sistemas. Otro tema importante de la simulación es la conformación de un equipo de trabajo, si bien los pequeños estudios se pueden realizar por una persona, normalmente se requiere de un equipo de trabajo con distintas habilidades conformado por todos aquellos que conocen el sistema a modelar, por ejemplo, ingenieros, diseñadores, ingenieros de procesos, o provenientes de multi-disciplinas si el problema abarca temas sociales económicos, biológicos, etc. La función del ingeniero en computación será la de traducir en un lenguaje computacional adecuado los requerimientos y decisiones del grupo.

El proceso de simulación recorre diversas etapas que implican: a) la definición del problema (objetivos, preguntas a resolver), b) la planificación del proyecto (personal, equipos y software disponibles), c) la definición del sistema (límites y restricciones del problema), d) la formulación conceptual del modelo (diagramas de boques o flujos), e) el diseño experimental preliminar (nivel de abstracción, tipos de datos que se necesitan), f) la definición de los datos de entrada (recolectar los datos necesarios), g) la traducción del modelo (traducir el modelo en el lenguaje

computacional), h) la verificación y validez del modelo (comprobar el funcionamiento del modelo y su comparación con datos reales), h) el diseño final del experimento (diseñar las pruebas según la pregunta buscada), j) la experimentación (correr el programa y realizar los análisis de sensibilidad), k) el análisis de los resultados (inferir las conclusiones), y l) la documentación (informar los resultados).

Eisner (1994), explica las formas de representación como un sistema de registro de información que permite entrar en contacto con el mundo, de manera que el contenido de nuestra conciencia está mediado por los datos que el sistema sensorial (a través de percepciones visuales, auditivas, kinestésicas, olfatorias, gustativas y táctiles) provee. Estas formas de representación son los dispositivos que se usan para hacer públicas las concepciones privadas adoptando este carácter público la forma de palabras, cuadros, obras musicales, matemática, danza, etc. Las simulaciones son una forma de representación muy valiosa para la enseñanza ya que son una fuente de estímulos sensoriales y cognitivos que permiten que los estudiantes pongan en juego sus ideas frente a las interacciones que plantea el desarrollo de la actividad realizada en el simulador.

Cuando las simulaciones se usan antes de la instrucción formal, éstas desarrollan la intuición y ayudan al desarrollo natural del proceso de aprendizaje; y cuando se utilizan después de la instrucción formal, se les da la oportunidad de aplicar lo aprendido o bien de comprenderlo mejor. Así, independientemente del momento en el que se usen los simuladores, es importante que se analice su propósito y cómo se va a orientar el proceso de interacción con los estudiantes. Gokhale (1991), Las estrategias de aprendizaje basada en el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior implican tres principios: a) La creación de un ambiente cautivador para el que aprende, b) La combinación de experiencias de aprendizaje visuales e interactivas que ayuden a los estudiantes a formar representaciones mentales y c) El desarrollo de la arquitectura cognitiva que integre las experiencias de aprendizaje.

Las simulaciones interactivas de computadora basadas en esta estrategia ayudan a los

estudiantes a crear las explicaciones sobre los sucesos, a discutir y argumentar la validez de esas explicaciones. Las simulaciones que emplean una serie de medios de acceso a la información, ayudan a tender un puente entre los estilos de aprendizaje de los estudiantes y los estilos de enseñanza de los docentes. Hudson (1998), propone que los procesos de interacción entre el alumno y algún tipo de experiencia didáctica deben de ir acompañados de preguntas que ayuden a la reflexión: qué se hace y por qué se lo hace, qué dificultades se pueden anticipar, qué está pasando, cómo está pasando, etcétera. Con el uso de las simulaciones se logra que los roles de los estudiantes sea cada vez más autónomos, y que los docentes sean facilitadores orientados a la comprensión proporcionando suficientes oportunidades de experimentación. Según Rogers y Wild (1996), se busca que los estudiantes se comprometan a comparar sus datos de entrada y salida y/o los gráficos obtenidos para discutir sus similitudes o diferencias a fin de poder probablemente ampliar su visión sobre lo que es información útil y relevante y secundaria.

3. Fundamentación y enfoque teórico

Con el uso de las computadoras han aparecido nuevas formas de aprendizaje para la enseñanza de las ciencias básicas que posibilitan su acercamiento a alumnos. Las tecnologías de la información (TICs) aparecen como recursos didácticos a través de entornos virtuales tales como laboratorios virtuales y simuladores que brindan la posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación de tipo “*protegido*”, con prácticas de muy bajo costo a las que no se tendrían acceso de otro modo, que además se pueden reproducir las veces que fueran necesarias hasta apropiarse de los conceptos (Cabero, 2008).

El uso de programas de aplicación permite incrementar el interés de los estudiantes al “*aprender haciendo*”. Se busca que los estudiantes recuperen la satisfacción respecto de sus aprendizajes utilizando estos complementos virtuales, que les abren nuevas opciones y se pueda revertir la idea de que las ciencias básicas como la química o la física “*son difíciles*”, pudiéndolas aprender con motivación.

Se ofrecen los fundamentos para una propuesta de la enseñanza de las ciencias tomando como ejemplo la química y la física para los ingenieros con la utilización de recursos didácticos para entornos virtuales y software de aplicación disponibles en Internet.

Aprendizaje “*haciendo*” y para la comprensión

Las ideas de aprender haciendo desde la concepción de Dewey (1989), se plasman en la educación formal a fin de mantener el contacto con la experiencia directa, estableciendo la secuencia de la *teoría* con la *práctica*. Así, es posible articular la teoría con la práctica permitiendo la aplicación y obtención de nuevos conocimientos a partir de la propia práctica, así como la comprobación de la validez de los conceptos teóricos.

Así, la teoría y la práctica, se constituyen en dos momentos que se articulan para lograr el crecimiento individual. “*La idea de aprender haciendo está muy repartida tanto en el pensamiento pedagógico de Dewey (“la escuela activa” y los enfoques constructivistas) como en la imagen popular del significado del aprendizaje. Algo así, como la primacía de la práctica sobre las elaboraciones teóricas*”. Pero, también se encuentra en lo que a veces se llama el “*aprendizaje natural*”, que se realiza sin una concepción teórica, donde se trabaja por prueba, error, rectificación y finalmente se aprende (Rodríguez Illera, 2004).

Perkins (1995) describe que en oposición a la forma tradicional de generación del conocimiento de modo superficial y sin aplicación, la enseñanza debe favorecer el desarrollo de procesos reflexivos como la mejor manera de generar la construcción del conocimiento y la resolución de problemas. Considera a las imágenes mentales preexistentes, como la base para la construcción de otras nuevas desde la comprensión. De esta forma se favorece la construcción de ideas potentes alrededor de temas centrales y productivos, aunque: “*los problemas por resolver que plantea el docente, raramente se plantean así en la vida de los individuos, y por lo tanto no tienen significación. Por otra parte la búsqueda de procesos de deconstrucción y señalamiento del error contradicen las propuestas del sistema educativo tradicional, que desvaloriza el error*” (Perkins, 1995).

La comprensión significa asimilar o incorporar una información nueva a la red de conocimientos existentes que requiere la activación de estructuras de conocimiento previas a las cuales poder asimilar la nueva información. Así, *“la asimilación de esa información nueva tiende a producir cambios en esas estructuras de conocimiento, generando conceptos más específicos por procesos de diferenciación, o principios más generales, por procesos de generalización”* (Nickerson et al., 1987).

“Comprender es pensar con lo sabido y aplicarlo con flexibilidad en el mundo (...). No es simplemente tener conocimientos, como muchas veces se cree, sino tener la habilidad de pensar con lo que se sabe y poder aplicarlo flexiblemente en el mundo. Entendemos la comprensión como una habilidad para desempeñarse con el conocimiento que se tiene” (Stone Wiske, 2007).

Sin embargo, a veces no es posible la comprensión o asimilación de una nueva información porque el estudiante no dispone de los conocimientos previos relevantes o los que activa no son los apropiados. En ese caso, *cuando no existen conocimientos previos adecuados, se requiere un verdadero cambio conceptual* y no sólo la comprensión de un concepto.

El *cambio conceptual* o reestructuración de los conocimientos previos, que tiene origen, sobre todo, en las teorías implícitas y las representaciones sociales, permite construir nuevas estructuras conceptuales e integrar esos conocimientos anteriores como así también la nueva información presentada. *“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. Hemos encontrado que los programas de simulación favorecen además la transferencia porque trabajan con una operatividad cercana a la vida cotidiana”*. Se trata de transferencia cercana cuando se trabaja en papel y computadora, y lejana ya que establecen pautas y lineamientos orientados a la práctica profesional (Lion, 2006).

Enseñando con TICs

Las TICs son *un conjunto de facilidades y recursos tecnológicos novedosos que integran las funcionalidades de almacenamiento,*

procesamiento y transmisión de datos. Se podría decir entonces que las TICs son herramientas computacionales e informáticas que procesan, almacenan, sintetizan, recuperan y presentan la información. La misma puede variar en su forma y contenido, pueden ser soportes y canales para el tratamiento, acceso y distribución de esa información. Es preciso destacar que las TICs son medios y no fines. Si bien ‘Tecnología de la Información y la Comunicación’ es un término dilatado, se emplea generalmente para identificar a la informática conectada a Internet.

Las tecnologías de las que se habla incluyen una serie de herramientas que redefinen radicalmente el funcionamiento de la sociedad. Las TICs, la unión de los computadores y las comunicaciones, generaron un desarrollo sin precedentes de formas de comunicarse al comienzo de los años '90. El fenómeno que hizo la gran explosión comunicacional en la sociedad fue Internet, cuando pasó de ser un instrumento especializado de la comunidad científica a ser una red de uso sencillo que modificó las pautas de interacción social.

La sociedad mundial se encuentra, hace ya más de dos décadas, en medio de una revolución sustancial que ha ido avanzando hasta la actualidad, creciendo y ampliándose aceleradamente respecto del acceso a la información y a las comunicaciones. La globalización en la conectividad y distribución de la información es el resultado de avances tecnológicos tanto en material tecnológico concreto (la velocidad y volumen en las comunicaciones que ofrece la fibra óptica y los satélites) como en programas computacionales y de redes (Internet y todos los servicios que esta ofrece, correos electrónicos, búsqueda de información, chat, conexión p2p, conexión multimedia, etc.). Los nuevos modos de comunicación y acceso a la información han ido delineando una nueva forma de sociedad.

El impacto de las TICs en el aprendizaje no está del todo claro y todavía está abierto al debate. Se han llevado a cabo numerosos estudios respecto de los efectos de las TICs en educación, pero la información ha sido obtenida a través de estudios de pequeña escala haciendo falta estudios más rigurosos y en mayor escala a fin de poder hacer generalizaciones (Condle y Munro, 2007)

Se ha visto que no existen metodologías estándares para la medición del impacto (Truncano, 2005) ni suficiente investigación en

la cual basarse para tomar decisiones en un entorno tecnológico cambiante (Anderson y Plomp, 2009). Cox y Marshall (2007) identifican una serie de problemas en los estudios de las TICs en educación relacionados principalmente con: *qué medir o con qué medir*, por lo que resulta necesario hacer investigaciones más profundas que provean resultados confiables respecto del impacto de las TICs en educación (Nussbaum y Rodríguez, 2010).

La actitud de aquéllos que creen que para la integración de las TICs en la escuela se da a través de un amplio cambio en sus didácticas: resolución de problemas, aprendizaje auténtico, métodos de enseñanza, etc. sigue siendo moderada (Aviram y Tami, 2004).

Los cambios son muy ambiciosos de manera que los profesores deben trabajar en muchos frentes, lo que lleva a que puedan aparecer pocos cambios reales (Nervi, 2005).

Simuladores en la enseñanza de las Ciencias.

La simulación es una de las herramientas más poderosas disponibles para la toma de decisiones ya que permite el estudio, análisis y evaluación de situaciones que de otro modo no serían posibles de trabajar. Es una herramienta indispensable para los ingenieros, diseñadores, analistas, administradores y directivos para la resolución de problemas. Permite diseñar un modelo del sistema real, poder realizar experimentos usando este modelo, a fin de entender su comportamiento y permitir evaluar las distintas estrategias operativas del sistema en estudio.

Una simulación es un conjunto de ecuaciones matemáticas que modelan en forma ideal situaciones del mundo real, ya sea por su dificultad para experimentar o comprender un fenómeno. La tecnología ha proporcionado las herramientas y métodos para que el ambiente de simulación se transforme en un ambiente donde pueden convivir vídeos, animaciones, gráficos interactivos, audio, narraciones, etc. (Casanovas 2005).

Las simulaciones son herramientas poderosas de carácter predictivo. No todos los modelos son objetos físicos o pictóricos, en general ellos son un conjunto de objetos predefinidos con reglas para aproximar entidades o procesos químicos reales (Foresman y Frisch, 2007).

La importancia de las simulaciones, desde el punto de vista educativo, reside en hacer partícipe al usuario de una vivencia que es fundamental para el desarrollo de hábitos, destrezas, esquemas mentales, etc. que pueden influir en su conducta. Por tanto, también, es necesario controlar el tiempo de respuesta del usuario, ya que en función de éste y de lo acertada de las decisiones, dependerá la solución a la situación simulada. Los programas simuladores permiten modificar parámetros, posiciones relativas, procesos, etc. La importancia de las “simulaciones”, desde el punto de vista científico reside en brindar al operador información sobre sistemas, y/o procesos inaccesibles experimentalmente.

Las posibilidades de los laboratorios virtuales y las simulaciones se verán plasmadas en un futuro no muy lejano, con el uso de Internet 2 a través de la *teleinmersión* (Cataldi y Lage, 2007). Este medio permitirá que personas que se encuentran en puntos distantes puedan: sumergirse en contextos virtuales a través de dispositivos ópticos, manipular datos, y compartir simulaciones y experiencias como si estuvieran juntas (Cabero, 2008).

Por ejemplo, en el sitio *Chemconnections*¹ de la universidad de Berkeley (creado por the National Science Foundation para reestructurar el curriculum de química de grado), se tienen simulaciones que son muy fáciles de utilizar a través de *applets* de Java. Son apropiadas para temas de química básica variados, tal como las leyes de los gases, las reacciones químicas, los procesos termodinámicos, o entálpicos y entrópicos. Usándolos conjuntamente con *Jmol*² es útil para la Teoría de la repulsión de los pares electrónicos de valencia (TRPeV). El acceso es fácil y rápido. Pero aunque cada simulación tiene las explicaciones necesarias, a veces hace falta mayor información respecto a las variables que se utilizan.

TICs, conflicto cognitivo y transferencia

Las simulaciones tienen algunas ventajas respecto de las soluciones analíticas ya que permiten ensayar nuevos diseños y esquemas sin comprometer recursos adicionales de implementación y se pueden usar para contrastar hipótesis acerca del comportamiento

¹ <http://mc2.cchem.berkeley.edu/>

² Visor Java de código abierto para estructuras químicas en tres dimensiones. <http://www.jmol.org/>

de un sistema y entender su funcionamiento, es decir permiten responder a la pregunta: “¿*Qué pasa si..., se cambia tal variable?*”.

Hoy día en los cursos impartidos actualmente, generalmente se hace uso del foro de discusión y chat, ya que es importante combinar el *uso de las nuevas tecnologías* con los métodos tradicionales de enseñanza. Esto tiene por objeto satisfacer las demandas de cambio y adaptaciones permanentes detectadas en las necesidades actuales del alumnado, y de brindar al estudiante experiencias potencialmente transferibles a otras situaciones que involucren el manejo de estrategias y métodos de trabajo.

La interacción a través del foro, con los docentes y los propios pares, permite a los estudiantes un *andamiaje constante*, lo cual potencia sus aprendizajes. Nussbaum y Novick (1982) han propuesto una triple estrategia para modificar las creencias ingenuas, que consiste en: *descubrir las ideas preconcebidas, crear un conflicto conceptual y fomentar la acomodación cognitiva*. Para que el alumno acepte como superior a una teoría, debe enfrentarla a situaciones conflictivas y verificar que sea errónea en ciertas situaciones, al tiempo que comprueba a través de la reflexión que la nueva teoría le permite efectuar predicciones mejores.

Es decir, que toda situación didáctica desde el enfoque constructivista debería pasar al menos por las siguientes etapas: a) *enfoque*: fijación de la atención del alumno sobre sus propias ideas; b) *desafío*: puesta a prueba de las ideas del alumno por la toma de conciencia del conflicto conceptual, c) *verificación*: comparación de las utilidades de los conceptos existentes y de los nuevos para la resolución del problema y d) *Aplicación*: de los nuevos conceptos en contextos similares.

Todas las teorías sobre el aprendizaje admiten la *transferencia*, pero cada una formula un proceso diferente. Los comportamientos se transfieren en la medida en que las situaciones compartan elementos comunes. Aunque operan en forma conjunta, las formas de transferencia demandan distintas clases de conocimientos: *la cercana*: necesita conocimientos declarativos y el dominio de habilidades básicas; *la lejana*: conocimientos declarativos y de procedimientos, así como el conocimiento condicional acerca de las situaciones en que aquéllos pueden ser útiles (Royer, 1986).

Competencias tecnológicas para la creatividad y la innovación

El uso de las TICs debe integrarse a un cambio de paradigma basado *el aprendizaje haciendo, compartiendo y colaborando* en contextos que propicien la innovación y creatividad. Hoy día no basta con la *alfabetización digital basada en aprender a utilizar aplicaciones específicas, se requiere de la habilidad para entender los conceptos y los códigos implícitos en las tecnologías a fin de poder usarlas para: resolver problemas y pensar de manera crítica y creativa*. En este sentido se recupera la importancia del *auto-aprendizaje* y las habilidades para encontrar la información confiable, desarrollar ideas innovadoras, comunicar información y evaluar las soluciones creativas.

En la sociedad tecnificada, el aprendizaje es sinónimo de TICs y los entornos tecnológicos se convierten en entornos pedagógicos de un “*aprendizaje rápido*” basado en las competencias digitales y la creatividad en el uso de las TICs. Es así porque los inmigrantes digitales (los docentes) no han cambiado el modo de pensar en el que fueron educados, en cambio los nativos han evolucionado instintivamente y poseen una identidad propia dentro de los sistemas digitales. La creatividad como una herramienta pedagógica para los nativos digitales, no significa adquirir una nueva forma de pensamiento. El nativo digital posee una formación cognitiva basada en la cultura colectiva del aprendizaje compartido donde la creatividad se suma a la interactividad. Berners Lee (2000) dice que deberíamos ser capaces no sólo de encontrar cualquier tipo de documento en la Web, sino también de crear cualquier clase de documento fácilmente y no solo de sólo poder interactuar con otras personas, sino crear con otras personas. El autor la llama “*intercreatividad*” y la define como: “*el proceso de hacer cosas o resolver problemas juntos*”.

De Bono (2006) definió la creatividad como “*la manera más sencilla de hacer algo*” y propuso para la reflexión de pensar para qué servía. Al finalizar explicó que la creatividad sirve para todo: “*inventar, diseñar nuevos productos, crear oportunidades, reaccionar ante los cambios, mejorar, etc.*”. Se trata de luchar en contra del cerebro, ya que éste “*ha sido diseñado para ser 'no creativo'*”. Según de

Bono (2006) “*la educación actual desperdicia dos tercios de los talentos de los seres humanos (...) la creatividad y el pensamiento serán las commodities del futuro del futuro*”. Hoy día las *commodities*, o bienes básicos, son la *Competencia*, la *Información* y la *Tecnología*, y hay que utilizarlas a aplicando el pensamiento creativo para poder generar un *Valor a partir de ellas*. Propone un ejemplo práctico y simple: un concurso de cocineros donde todos tienen en la mesa los mismos ingredientes para elaborar un plato, pero ganará aquel que le dé más valor a su trabajo.

“El mundo del trabajo requerirá empleados que sepan cómo hacer las cosas (know how) más que replicar procedimientos (...) que reconozcan cuál es la información relevante, por qué y fundamentalmente cómo se conecta con otras fuentes (...) El énfasis está en qué hacer con el conocimiento, más allá de qué unidades de conocimientos tiene cada uno” (Silva, 2008).

Existen teorías que sustentan los sistemas de innovación en la modernidad como las List y Schumpeter³ desde su concepción economista. El primero plantea la necesidad de analizar los sistemas basándose en el contexto en el cuál se desarrollan, respaldado en el pragmatismo y haciendo una fuerte crítica a los sistemas estructurados y conservadores. El segundo destacó la importancia del empresario como actor en los negocios, como inversor e innovador y popularizó el concepto de “*destrucción creativa*” como vía de innovación.

El concepto de sistemas de innovación está ligado al concepto de *creatividad*, es decir que para promover la innovación debemos generar un sistema educativo que desarrolle en los estudiantes la creatividad. La creatividad y la innovación como competencias intelectuales no son fáciles de formar en los estudiantes. Las personas creativas parecen ser más permeables a los estímulos provenientes del ambiente circundante. “*Esto significa que los individuos creativos permanecen en contacto con información adicional que fluye constantemente en el ambiente*” y esta es la clave de la *intercreatividad*”.

³ List, F., (1904) *The National System of Political Economy*, Londres, Longmans, Green & Co. Schumpeter, J. A. (1975) *Capitalism, Socialism and Democracy*, Harper & Row (original publicado en 1942, Harper and Brothers), New York.

Gardner (1995) ha buscado identificar los patrones que caracterizan a la mayoría de los creativos. Sólo debe llamarse creativa a una persona que resuelve problemas con regularidad, elabora productos o define algo nuevo u original y generaliza afirmando que: a) La creatividad significa una novedad inicial y una aceptación final, b) la creatividad consiste en elaborar nuevos productos o plantear nuevos problemas, c) las actividades creativas se consolidan como tales cuando son aceptadas en una cultura concreta, d) una persona es creativa en un campo dado y no en todos los campos y e) una persona es creativa cuando exhibe esta capacidad consistentemente.

Estas e-competencias se centran en la capacidad de tomar iniciativas y aprender de los acontecimientos y de los errores desde la reflexión sobre las acciones. “*Las e-competencias como un constructo emergente pero insuficiente (...) nos ha llevado a problematizar el término de e-competencias, poniendo en cuestión si en verdad son capacidades generales o si tienen especificidad de dominio*” (Neri, 2007).

Recordamos que una competencia es un “*saber hacer*”, con “*saber*” y con “*conciencia*” [25] y que Perrenoud (1999) define la competencia como “*capacidad de actuar de manera eficaz en un tipo definido de situación, capacidad que se apoya en conocimientos, pero no se reduce a ellos*”.

En educación superior: se trata de formar estudiantes que tendrán que saber hacer determinadas cosas apoyados en determinados conocimientos, pero no sólo en ellos. El pasaje de la adquisición de un conjunto de conocimientos al dominio de una competencia no es lineal y es un proceso poco conocido para la mayoría de los docentes universitarios.

“*El enfoque de las competencias modifica los puntos de vista convencionales sobre la forma de aprender y de enseñar, pues el aspecto central, como vimos, no es la acumulación primaria de conocimientos, sino el desarrollo de las posibilidades que posee cualquier individuo, mediante fórmulas de saber y de saber hacer contextualizadas*” (Poblete, 2003). Para el uso de TICs normalmente se requiere de capacitación a través de estrategias que se deben apoyar en conocimiento sobre los conocimientos previos y las actitudes de los mismos hacia los medios. Parte de los saberes previos son las *competencias tecnológicas*. “*La competencia tecnológica puede definirse como*

un sistema finito de disposiciones cognitivas que nos permiten efectuar infinitas acciones para desempeñarnos con éxito en un ambiente mediado por artefactos y herramientas culturales.” (González, 1999).

La competencia tecnológica está relacionada a la posición en un espacio social; está socialmente distribuida, está conformada por disposiciones durables y se puede transferir ante situaciones diversas actuando con destreza con dispositivos complejos y está conformada por estructuras que se pueden expandir (Perrenoud, 1999)

González (1999)] las define como *un sistema finito de disposiciones cognitivas que permiten efectuar infinitas acciones para el desempeño con éxito en un ambiente mediado por artefactos y herramientas culturales.*

En algunos casos de trabajo experimental se formulan modelos para simular las condiciones experimentales y se genera la posibilidad de que operen con las variables del propio experimento mediante un software producido a tal efecto. Penner (2001) dice que los modelos sugieren ideas acerca de dónde buscar los componentes críticos que emergen en un fenómeno a la vez que mueven las ideas desde la mente individual hacia un foro público donde pueden ser discutidas. Penner sostiene que *“Para el desarrollo de modelos explicativos por parte de los alumnos resultan cruciales las herramientas que sostienen el proceso de modelización. Vygotsky señaló que las herramientas que usamos modelan nuestra experiencia y, consecuentemente, nuestro pensamiento; de modo recíproco, nuestro uso de las herramientas es modelado por nuestro conocimiento cotidiano”*.

4. Conclusiones

En las situaciones de interacción, el simulador es un entorno en el que opera con variables, modificando sus valores y observando las consecuencias. Desde la perspectiva de los alumnos se puede operar por prueba y error y el análisis de casos atípicos o diferentes.

La simulación opera en un entorno restringido, pero aun así permite revisar los supuestos de las premisas correctas o incorrectas que ponen en juego los alumnos. También elaborar deducciones de acciones complejas, poner en juego un gran número de variables que arrancan en condiciones iniciales complicadas.

El abordaje de las simulaciones desde una propuesta de explicitación de su sentido y justificación de su utilización permite generar planteos para favorecer la comprensión genuina. El análisis de la potencialidad del simulador, sus limitaciones, las condiciones de su creación y uso es un aspecto fundamental para la inclusión genuina y favorece otras formas de comprensión.

5. Bibliografía

- Anderson, R. y Plomp, T. (2009). Introduction. In *T. Plomp et al. (Eds.), Cross-National Information and Communication Technology Policies and Practices in Education*. IAP-Information Age Publishing.
- Aviram, R. y Tami, D. (2004). The impact of ICT on education: the three opposed paradigms, the lacking discourse. The Center for Futurism in Education, Ben Gurion University of the Negev, Israel. Disponible en: http://www.elearningeuropa.info/extras/pdf/ict_impact.pdf Consultado 10-09-10
- Berners Lee, T. (2000) *Tejiendo la red: El inventor del World Wide Web nos descubre su origen*. Siglo XXI editores España, Madrid.
- Cabero, J. (2008) *Las TICs en la enseñanza de la química: aportaciones desde la Tecnología Educativa*. En Bodalo, A. y otros (eds) (2007): *Química: vida y progreso* (ISBN 978-84-690-781. Murcia, Asociación de químicos de Murcia.
- Camilloni, A. R. W. (2007). *El Saber Didáctico*. Paidós
- Casanovas, I. (2005). *La didáctica en el diseño de simuladores digitales para la formación universitaria en la toma de decisiones*: Tesis para Magister en Docencia Universitaria, UTN, Bs. As.
- Cataldi, Z. y Lage, F. (2007). *Innovaciones tecnológicas para el desarrollo de interacciones colaborativas en tiempo real: La teleinmersión. Comunicación y Pedagogía* N° 217. TIC en la sociedad de la información. marzo. ISSN: 1136-7733. Páginas 63-70.
- Condie, R., y Munro, B. (2007). *The Impact of ICT in schools a landscape review*. BECTA Research.
- Cox, M. y Marshall, G. (2007) Effects of ICT: Do we know what we should know? *Education and Information Technologies*, 12(2), 59-70.
- de Bono, E. (2006) *La creatividad es la manera más sencilla de hacer algo* Feedback today.net. <http://www.preston.com/feedback/art.asp?id=219> 10-09-10.
- Dewey (1989) *Como pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Paidós.
- Eisner, E. (1994). Formas de representación. En: *Cognición y currículum* Buenos Aires: Amorrortu. 65-92.
- Foresman, J. B, Frisch A. (1996). *Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods*, Second Edition, Gaussian, Inc, Pittsburgh, PA.
- Gardner, H. (1995) *Mentes Creativas. Una Anatomía de la Creatividad*. Paidós.
- Gokhale, A. A. (1991). Effectiveness of computer simulation versus lab and sequencing of instruction, in teaching logic circuits. *Journal of Industrial Teacher Education*, 29 (1), 1-12.
- González, J. A.: (1999) *Tecnología y percepción social: evaluar la competencia tecnológica*, en *Revista Culturales Contemporáneas*, Volumen V, N° 9, Junio.
- Hudson, D. (1998). “Is this really what scientists do? Seeking a more authentic science in and beyond the school laboratory. En: Wellington, Jerry. *Practical work in school science. Which way now?* London and New York: Routledge.
- Lion, C. (2006) *Imaginar con tecnología*. Editorial Stella. La Crujía Eds.

- Neri, C. (2007) *Didácticas Fluidas*, Educar: Video disponible en <http://www.youtube.com/watch?v=S6US4H2KvpI> Consultado 10-09-2010
- Nervi, H (2010) *Barreras para la adopción de TIC en Formación Inicial Docente*. Conferencia Internacional. El impacto de las TICs en educación Brasilia 26-29 de abril.
- Nickerson, R., Perkins, D. y Smith, E. (1987). *Enseñar a pensar*. Madrid. Paidós. Mec
- Nussbaum, J. y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, pp. 183-200.
- Nussbaum, M. y Rodríguez, P. (2010) *Perspectivas de la inclusión de las TICs en educación y su evaluación en el logro de aprendizajes*. Tics-Edu. Conferencia Internacional. El impacto de las TICs en educación. Brasilia 26-29 de abril
- Penner, D. (2001) "Cognition, computers, and synthetic science: building knowledge and meaning through modeling". En: W. Secada (Ed.) *Review of Research in Education* 25. Washington D.C.: American Educational Research Association.
- Perkins, D. (1995) *La Escuela inteligente*. Gedisa.
- Perrenoud, P. (1999). *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Chile: Dolmen.
- Poblete, M. (2003). *La enseñanza basada en competencias. Competencias generales*. Seminario Internacional. Orientaciones pedagógicas para la convergencia europea de Educación Superior. Universidad de Deusto.
- Rodríguez Illera, J. L. (2004) *El aprendizaje virtual. Enseñar y aprender en la era digital*. Homo Sapiens Ediciones.
- Rogers, L. T. y P. Wild, (1996). Data logging: effects on practical science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 12, pp.130-145.
- Royer, J. (1986) Designing instruction to produce understanding: an approach based on cognitive theory. En Phye y Andre (eds.) *Cognitive classroom learning: Understanding, thinking and problem solving* pp 83-113. Orlando: Academic Press.
- Stone Wiske, M. (2007) Conferencia *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Universidad de San Andrés. 8 de mayo.
- Trucano, M. (2005) Knowledge Maps. ICT in Education Series. Washington. DC. InfoDev. World Bank. Disponible en enero 2010, en <http://www.infodev.org/en/Document.8.aspx>. Consultado 10-09-10.
- Vigotzky, L. S. (1984). *Pensamiento y lenguaje*. Obras Escogidas. Tomo II. Aprendizaje Visor. Madrid, España.
- Vigotzky, L. S. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Crítica, Grupo Editorial Grijalbo. México.
- Vigotzky, L. S. (1997). *La imaginación y el arte en la infancia*. Fontamara. México.
- Wertsch, J. V. (1985) *Vygotsky and the social formation of mind*. Cambridge, MA; Harvard University Press. 1985.

Agradecimientos

Esta comunicación ha sido elaborada en el marco del Proyecto de Investigación *Modelos y simulaciones en la enseñanza de ingeniería* de la Universidad Nacional de Tres de Febrero de la Programación 2012-2013 y se articula con el PID *La Didáctica de la Química y el uso de TICs en su enseñanza en cursos universitarios iniciales* (2008-2012) de la Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Buenos Aires.