

Didáctica de la química y TICs: Laboratorios virtuales, modelos y simulaciones como agentes de motivación y de cambio conceptual

Zulma Cataldi¹, M. Cristina Donnamaría², Fernando J. Lage³

zcataldi@posgrado.frba.utn.edu.ar, donna@iflysib.unlp.edu.ar, flage@fi.uba.ar,

1. UDB Química y Escuela de Educación de Posgrado. Facultad Regional Buenos Aires UTN.
1,3. LIEMA Laboratorio de Informática Educativa y Medios Audiovisuales. Facultad de Ingeniería. UBA.
2. Instituto de Física de Líquidos y Sistemas Biológicos IFLYSIB (CONICET-UNLP-CIC), La Plata, ARGENTINA

Resumen

Con el uso de las computadoras han aparecido nuevas formas de aprendizaje para la enseñanza de la química 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 revertir la idea de que la química “es difícil”, pudiéndola aprender con motivación. Se ofrece los fundamentos para una propuesta de la enseñanza de la química con la utilización de recursos didácticos para entornos virtuales y software de aplicación disponibles en Internet.

Palabras clave: Didáctica de la química y TICs. Laboratorios virtuales.

Introducción

1. La investigación en didáctica

Las investigaciones en didáctica se guiaron en principio por un modelo tecnológico, en el que el proceso de producción del conocimiento y

el lugar de utilización del mismo estaban separados: la acción de los docentes en las aulas, más allá de los cambios en la enseñanza, afianzó estereotipos poco reflexivos, a través de los supuestos del positivismo.

Esta situación originó una cuantificación de las observaciones que no permitía dar cuenta de los fenómenos en sí mismos, porque lo más importante era emitir un juicio en relación a un parámetro, sin buscar la comprensión del fenómeno a estudiar. Las investigaciones recientes en el ámbito educativo se orientaron hacia la aplicación de metodologías y técnicas de trabajo específicas, buscando una acción interpretativa que trata de construir una comprensión de los significados que atribuyen los actores a un determinado proceso educativo (Pérez Serrano, 1995).

En los últimos quince años la investigación en didáctica cambió el modelo de investigación proceso-producto, por una perspectiva ecológica con evolución hacia métodos cualitativos de investigación para dar respuesta a los interrogantes buscados desde la reflexión sobre la práctica. Se abandonó el concepto de profesor como un técnico dedicado a la aplicación reproductiva de saberes y evaluación. Algunos estudios etnográficos de las clases, cambiaron el modelo basado en conductas en los docentes para provocar respuestas esperadas (proceso-producto) hacia otros modelos que indagaban los modos en que los docentes piensan sus clases y dan sentido a sus decisiones didácticas.

El cambio de la enseñanza estuvo influido por las investigaciones en psicología cognitiva, a

través de la visión de que los seres humanos son capaces de construir su propia realidad y de responder a ella de maneras particulares e idiosincrásicas. Esto motivó, el interés, para estudiar profundamente el conocimiento que subyace en la práctica de la clase individual. También se indagó acerca de las creencias que subyacen en las prácticas de la enseñanza. Las consideraciones planteadas llevan a pensar que la investigación sobre la enseñanza, requiere tomar como punto de partida al estudio de los problemas y no a los hechos que se traducen a través de la observación directa como “variables”. La realidad compleja del aula a través de variables (dependientes e independientes) es de difícil interpretación. Por ello, la integración curricular de los medios y las tecnologías están condicionadas a las decisiones de los profesores en forma individual o colectiva. En la integración de los medios y tecnologías intervienen: la selección, el diseño y la evaluación de los mismos, tareas que implican un esfuerzo de coordinación y de adecuación a la experiencia personal y contextual donde se utilizarán los medios. Las decisiones sobre los medios tienen sentido en relación con el resto de los elementos del currículum y en su adecuación a la teoría de la enseñanza. (Cabero y Romero, 2005)

De este modo, la integración curricular de TICs se define como un ámbito de estudio para la educación de la competencia comunicativa, superadora de la visión meramente tecnológica e instrumental.

En el marco de la enseñanza se debe considerar su conceptualización, sus objetivos, sus contenidos, sus-modalidades de integración curricular, las corrientes ideológicas y los marcos conceptuales en los que se apoya. (Aguaded y Pérez Rodríguez, 2005).

2. La didáctica de la química y las TICs

La química es una disciplina que forma parte del diseño curricular de un gran número de carreras de universitarias y está presente en todos los aspectos de la vida cotidiana por lo

que no se obviar su existencia. Con el uso de computadoras e Internet han aparecido nuevas formas de enseñanza de la química que posibilitan su acercamiento al alumnado. Las TICs contribuyen a la enseñanza de la química poniendo a disposición de profesores y alumnos recursos didácticos, mediante entornos virtuales que permiten comprender que se está inmerso en esta ciencia, siendo más cercana de lo que cada uno se imagina. Dos recursos disponibles son los laboratorios virtuales y los simuladores, que permiten el trabajo en un ambiente de enseñanza e investigación “protegido”. Las prácticas de muy bajo costo, inaccesibles de otro modo, se pueden reproducir las veces que fueran necesarias hasta apropiarse de los conceptos en juego (Cabero, 2008). Un ambiente *protegido* es aquél donde el riesgo de exposición es mínimo y donde las aplicaciones informáticas han creado herramientas como el correo electrónico o chat que permiten interactuar sin riesgo de exposición física (Lage, 2001).

Actualmente se observa que la preocupación de los docentes de química se centra en cuatro ejes fundamentales en torno a investigación educativa: a) programas científicos para el desarrollo de competencias b) sistemas de representaciones externas y modelos representacionales, c) potencialidad de los modelos para describir, predecir y explicar fenómenos y, d) la interacción entre el docente, la clase de química y la motivación de los estudiantes (Cataldi *et al.*, 2008). “Así como la didáctica se ocupa del estudio y diseño del currículum, de las estrategias y programación de la enseñanza, de los problemas de su puesta en práctica y de la evaluación de los aprendizajes” (Camilloni, 2007), se piensa que partiendo de las líneas de investigación planteadas se deberían incluir y concentrar los esfuerzos en mejorar la percepción que los alumnos de todos los niveles tienen de la química. También se deberían elaborar propuestas para la articulación y comunicación entre los docentes que enseñan química en los diferentes niveles

educativos, integrando las TICs en sus prácticas educativas.

Analizadas las preocupaciones de los docentes en las investigaciones actuales y los ejes en las que éstas se centran, se presenta la propuesta de uso y aplicación de TICs en la enseñanza de la química, en cursos iniciales universitarios. Cabero (2008) en su investigación expresa, *“que las TICs pueden ser de apoyo en la enseñanza de la química debido a una serie de posibilidades que ofrecen,”* tales como: ayudar en: a) simulaciones de procesos y prácticas de laboratorio, b) modelización y representación gráfica de determinados fenómenos c) visualización de moléculas en tres dimensiones, d) conversiones visuales de modelos moleculares bi y tri-dimensionales y e) el intercambio de información. Así, se puede iniciar el estudio a través de dos perspectivas para uso en el aula: a) los laboratorios virtuales b) los simuladores. Existen empresas editoriales, como McGraw-Hill¹, que dan simulaciones computacionales de los modelos propuestos en sus libros. Por otra parte, es útil que cada docente pueda elaborar su propio material de trabajo aunque esto signifique: dedicación de tiempo adicional para cada aplicación, adquisición de nuevos conocimientos para la elaboración de los materiales y el costo monetario de los programas requeridos para la elaboración.

3. Objetivos

En esta primera etapa de la investigación, el objetivo general se centra en *a) Sistematizar las bases teóricas de una propuesta para la enseñanza de los contenidos de química con la utilización de recursos didácticos para entornos virtuales: tales como los laboratorios virtuales y las simulaciones. Ambos como agentes motivantes de los estudiantes y de autogestión del conocimiento y cambio conceptual, b) Analizar y seleccionar los recursos accesibles y gratuitos a fin de*

proponer su incorporación en el aula y c) Analizar el origen del uso de las TICs en el aula a través de las diferentes perspectivas de enseñanza y la forma en que lo asume el docente, desde la reflexión de la propia práctica.

4. 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 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 crecimiento individual. *“La idea de aprender haciendo esta 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 base de 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*

¹ http://highereducation.mcgraw-hill.com/sites/970106111x/information_center_view0/caracteristicas_de_la_educacion.html

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” (Litwin, 1999).

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”* (Perkins, 1995).

“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 tiene 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 por que 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).

5. Los laboratorios virtuales en química.

La realización de prácticas en laboratorios, es uno de los objetivos más importantes que debe perseguir la enseñanza de la química ya que *además de ayudar a comprender los conceptos, permite a los alumnos iniciarse en el método científico*: Todas las prácticas en los laboratorios, reales o virtuales, requieren el desarrollo de capacidades del estudiante, como la autopreparación (a través de documentos impresos o electrónicos), ejecución, obtención de resultados, evaluación y comunicación de los resultados a través de un informe. Así, Cabero (2008) señala que los laboratorios virtuales, ofrecen una serie de posibilidades y ventajas: a) la habilidad con que inicialmente cuentan los estudiantes en el manejo de simuladores e instrumentos informáticos los capacita para desenvolverse rápida y fácilmente en entornos tecnológicos, b) las actitudes positivas, que los alumnos muestran hacia el uso de las computadoras, c) la posibilidad de realizar trabajos individuales, grupales y colaborativos entre los estudiantes, d) la posibilidad de acceder a experiencias y prácticas, inaccesibles de otro modo, debido a su costo e) la reproducción irrestricta de experimentos, a fin de extender el concepto de laboratorio al aula y al domicilio del alumno, f) el uso de una serie de complementos adicionales, como bloc de notas, calculadoras científicas y otros, y g) la grabación de los registros y procesos seguidos por los estudiantes durante la realización de la práctica. Es decir, facilitan la tarea, convirtiendo al trabajo de laboratorio y sus precauciones por accidentes, en una opción de aprendizaje donde el alumno puede

equivocarse y repetir la rutina con una baja inversión, irrealizable en un laboratorio real.

La computadora por otra parte, permite cambiar la imagen negativa que el alumno tiene de la química. Así el educando recibe de una manera más interesante la imagen de la química, buscando explorar el nuevo ambiente. Actualmente se cuenta con programas de simulación² muy completos de un laboratorio de química como:

a) *Model ChemLab*³, en el cual se utilizan equipos y procedimientos de laboratorio para simular los pasos necesarios, a fin de efectuar los experimentos de laboratorio (Figuras 1 y 2). Esta interacción posibilita a los estudiantes poder experimentar con los elementos de laboratorio, sin correr ningún tipo de riesgo, antes de hacer uso de ellos físicamente. Se observa que las prácticas de laboratorio incluyen temas complejos e información sobre procesos. Además, posee una tabla periódica muy completa y cuestionarios sobre los símbolos, números atómicos, nombres de elementos y familias, que permiten al estudiante inicial, afianzar sus conocimientos en química. Es importante que los datos resultantes de las prácticas de laboratorio se puedan exportar a Excel en formato .csv, aunque la versión de evaluación tiene limitaciones en el uso de materiales y prácticas, sumado el hecho de su escritura en idioma inglés.



Figura 1: Pantalla de la Página de Model ChemLab

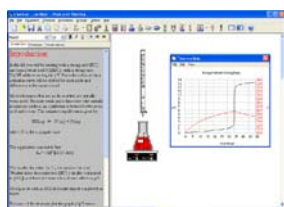


Figura 2: Curva de valoración

b) *Virtual Laboratory*⁴ es un Laboratorio Virtual desarrollado a través del proyecto

² Se seleccionaron dos casos de los más completos, existen otros también de gran utilidad como VLabQ (Laboratorio virtual del químico) que es gratuito (<http://www.colombiaaprende.edu.co/html/mediateca/1607/article-73438.html>)

³ http://www.modelscience.com/products_sp.html

⁴ <http://ir.chem.cmu.edu/irproject/>

IrYdium de la Universidad Carnegie Mellon que presenta dos versiones, una para trabajar en línea desde el navegador de Internet y otra que se puede descargar e instalar. Este laboratorio es ideal para que los estudiantes realicen prácticas previas a la utilización de elementos y sustancias en un laboratorio real. Resulta una herramienta útil para el docente cuando debe presentar temas como soluciones molares, obtener con exactitud soluciones buffer y para identificar ácidos y bases por medio de indicadores.



Figura 3: Pantalla Version Estándar



Figura 4: Tema bases fuertes.

De este modo los estudiantes pueden “manipular” sustancias peligrosas (ácido sulfúrico, ácido clorhídrico ó amoniaco) sin correr el riesgo de sufrir algún accidente (ver Figuras 3 y 4). Se requiere tener instalada la plataforma virtual de Java.

6. Los modelos y simulaciones en química

Todos los químicos usan modelos. Los alumnos que empiezan sus estudios en química usan modelos plásticos para entender y visualizar estructuras moleculares. Más recientemente, estudiantes, investigadores y profesores comenzaron a utilizar programas para los mismos propósitos. No todos los modelos son objetos físicos o pictóricos. En general, ellos son conjuntos de objetos predefinidos y reglas para aproximar entidades o procesos químicos reales. En Particular, *la Química Computacional* “simula” numéricamente estructuras químicas y reacciones, basada total o parcialmente en leyes fundamentales de la física. Esto permite estudiar fenómenos químicos realizando “simulaciones” que son cálculos sobre computadoras, en lugar de examinar

reacciones y compuestos experimentalmente. (Foresman, 1996). En química se necesita elaborar modelos, por ejemplo, que permitan visualizar los átomos y las moléculas de los materiales que son *discontinuos*. Entre las partículas hay espacios *vacíos* muy pequeños y a pesar de que parezca que el material de un objeto no se interrumpe de un es necesario visualizarlo desde un modelo.

La Figura 5 muestra tres etapas de una animación paso a paso de un modelo de disolución del cloruro de sodio, donde los iones sodio positivos son las partículas rojas y las verdes los iones cloruro. Se observa cómo las moléculas de agua rodean a los iones y los hidratan, socavando así la estructura regular del sólido. Estas representaciones visuales de lo que está sucediendo a nivel de partículas permite al alumno entender el proceso a través de la animación escuchando a la vez la narración. Esta visualización usando un modelo animado de las partículas que intervienen en el proceso permite la construcción de nuevos aprendizajes. A partir de la animación se han tomado tres imágenes a fin de ilustrar a través de imágenes fijas el fenómeno, pero la animación aporta el abordaje del proceso desde una perspectiva de la dinámica multimedia donde se puede apreciar la evolución del proceso, irrepresentable con tiza y pizarrón.

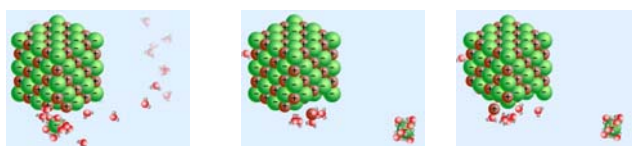


Figura 5: Tres etapas en la disolución de sal común o cloruro de sodio tomado del sitio de animaciones de Chang (2007).

Existen programas disponibles en diferentes sitios de Internet que permiten elaborar modelos moleculares y efectuar su visualización. Entre ellos debido a su nivel de aplicación y facilidad de uso se mencionan:

a) *ChemSketch*⁵: es un programa de uso muy sencillo, que se puede descargar de Internet en forma gratuita para poder construir ecuaciones

químicas, estructuras moleculares y diagramas de laboratorio (Figura 6). Es una aplicación para crear en forma sencilla moléculas de compuestos orgánicos; experimentar con algunos instrumentos de laboratorio; resolver ejercicios y visualizar u ocultar enlaces. Funciona en “Modo Estructura” (Structure Mode) para dibujar estructuras químicas y calcular sus propiedades (Figura 7), y en “Modo Dibujo” (Draw Mode) para procesar texto y elaborar gráficos.

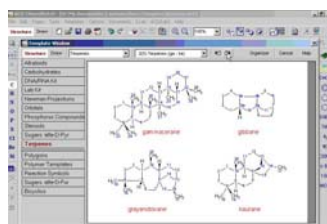


Figura 6: Animaciones del Sitio Web de ChemSketch

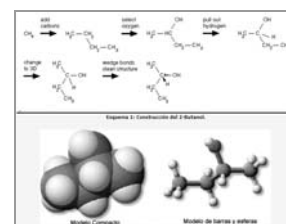


Figura 7: Diferentes modelos moleculares

b) *RasMol*⁶ es un programa (Figura 8) para representación gráfica de moléculas, grandes (proteínas y ácidos nucleicos) y pequeñas (carbohidratos, etc). Es una herramienta muy poderosa que permite visualizar imágenes que sería imposible dibujar en un plano por su complejidad, tales como estructuras de ADN y proteínas. El programa fue diseñado para presentar las moléculas en varias formas a través de barras de enlace, barras y esferas, modelo compacto, etc.



Figura 8: Home Page de RasMol

Con este programa se pueden ver, rotar y animar moléculas y cristales. Y, por otra parte admite los formatos moleculares más extendidos como: pdb, mol, mdl y xyz; lo que amplía las posibilidades de obtener moléculas listas para visualizar de las grandes bases de datos disponibles en Internet.

⁵ <http://www.acdlabs.com/download/chemsk.html>

⁶ <http://openrasmol.org>

c) *Chime*⁷: es un módulo de programa (plugin) gratuito, que permite manipular representaciones tridimensionales en los navegadores. Su instalación habilita al navegador para trabajar con archivos de moléculas en formato pdb. Funciona de manera similar al programa *RasMol* y es muy útil cuando el docente necesita explicar a sus estudiantes algunas moléculas complejas. Las opciones se encuentran en un menú emergente (pop up) al cual se puede acceder haciendo clic derecho en la imagen (PC).



Figura 9: Sitio web de Chime

En este menú se puede cambiar la forma de visualización de la molécula y el color, activar o desactivar la rotación, rotular los átomos, y guardar el archivo en el disco duro.

d) *3D Angles*⁸ Es un programa visualizador de estructuras tridimensionales muy fácil de

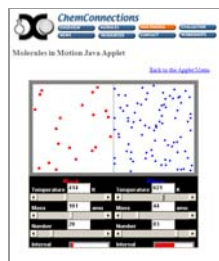


Figura 13: Simulador de comportamiento molecular

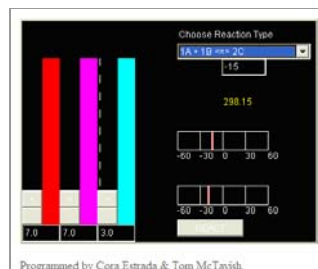


Figura 14: Simulador de reacciones

utilizar (Figuras 10 y 11); sobre todo para temas como *hibridación*. La hibridación presenta inconvenientes cuando se intenta representar en forma bidimensional las moléculas tridimensionales de compuestos orgánicos.

La rotación de las moléculas facilita su visualización desde diferentes ángulos; y los tipos de enlaces, indicados con colores permiten la identificación de estereoisómeros.



Figura 12: Leyes de los gases a través de animaciones.

La Figura 12 muestra el sitio de educaplus.org⁹ para el estudio de las leyes de los gases mediante animaciones y ejercitación. Una posibilidad muy útil, actualmente, debido a la dificultad de recrear situaciones para su estudio, son los simuladores que reproducen un fenómeno natural mediante la visualización de los diferentes estados que el mismo presenta; y donde cada estado está definido y descrito por un conjunto de variables que cambian en el tiempo. Esto se logra mediante un algoritmo determinado que permite la descripción intuitiva del 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 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 poderosas herramientas de carácter predictivo. No todos los modelos son objetos físicos o pictóricos. En general ellos son un conjunto de objetos predefinidos y reglas para aproximar entidades o procesos químicos reales (Foresman, 1996).

La importancia de las simulaciones, desde el punto de vista educativo, reside en hacer participe al usuario de una vivencia fundamental en el desarrollo de hábitos, destrezas, esquemas mentales, etc. que pueden influir en su conducta. Por tanto, también, es

⁷ <http://www.mdlchime.com/downloads/downloadable/index.jsp>

⁸ <http://www.molsci.ucla.edu/pub/explorations.html>

⁹ http://personal.telefonica.terra.es/web/jpc/gases/ley_boyle.html

necesario controlar el tiempo de respuesta del usuario, ya que en función de éste y de lo acertada de la decisión, depende la solución a la situación simulada.

Los programas señalados permiten modificar parámetros, posiciones relativas, procesos, etc. La importancia de las “simulaciones”, desde el punto de vista científico reside en brindar al operador información de 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, 2006). 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).

En el sitio *Chemconnections*¹⁰ de la universidad de Berkeley (creado por the National Science Foundation para reestructurar el curriculum de química de grado), se tienen simulaciones muy fáciles de utilizar a través de *applets* de Java. Son apropiadas para variados temas de química básica, tal como las leyes de los gases (Figura 13), simulador de reacciones químicas (Figura 14), procesos termodinámicos, o entálpicos y entrópicos. Usando conjuntamente con *Jmol*¹¹ es útil para la Teoría de la repulsión de los pares electrónicos de valencia (TRePeV), Figura 15.



Figura 15: Usando *Jmol* para operacionalizar la TRePeV

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.

7. TICs, conflicto cognitivo y transferencia

¹⁰ <http://mc2.cchem.berkeley.edu/>

¹¹ visor Java de código abierto para estructuras químicas en tres dimensiones. <http://www.jmol.org/>

En los cursos impartidos actualmente, 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 adaptación permanente detectadas en las necesidades actuales del alumnado, y brindar al estudiante experiencias potencialmente transferibles a otras situaciones que involucren el manejo de estrategias y métodos de trabajo.

Esto le permite al estudiante, la posibilidad de utilizar cuidadosamente el lenguaje. Cada mensaje a los docentes requiere de momentos de presentación, exposición de la inquietud y cierre, lo cual implica un estilo que requiere de un uso adecuado del lenguaje, desde el punto de vista semántico y sintáctico, de manera que el mensaje resulte claro para el receptor. Esto sólo es posible luego de haber hecho un esfuerzo por entender, delimitar y evaluar los puntos críticos del problema. 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. Por ejemplo, las teorías conductuales precisan que la transferencia depende de la existencia de estímulos idénticos o similares a aquellos que dieron origen al conocimiento. Los comportamientos se transfieren en la medida en que las situaciones compartan elementos comunes. Para la corriente del procesamiento de la información, la transferencia consiste en la activación del conocimiento en las redes de la memoria, que requiere cruzar la información y vincular proposiciones. 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).

8. Conclusiones

La realización de experimentos químicos sin la necesidad de la compra de equipo y materiales químicos, costosos o peligrosos, brindan algunas ventajas que impactan en el proceso de aprendizaje. Experimentar en química a través de simulaciones en una computadora personal y sobre todo resolviendo problemas previos permite: a) promover en los estudiantes el autoaprendizaje y la aplicación de las capacidades de análisis, síntesis y evaluación, b) fomentar el pensamiento crítico usando los laboratorios virtuales y la estrategia de aprendizaje basado en problemas con problemáticas semejantes a las reales, c) favorecer la adquisición de técnicas de aprendizaje, con la posibilidad de transferencia otras áreas y d) promover en el estudiante, la comprensión de mecanismos específicos de reacción química y la motivación e interés en experimentos de química. La simulación de sistemas químicos y/o sus propiedades permite obtener conocimiento científico a veces no accesible mediante otras herramientas. Tal es el caso de las simulaciones de sistemas

atómicos y moleculares. En primer lugar interesa que los estudiantes recuperen la satisfacción respecto de sus aprendizajes y por otra parte, también interesa la adopción de “*complementos virtuales*” para ofrecer nuevas opciones motivantes a fin de revertir la concepción generalizada de que la “química es “difícil”.

Una buena opción consiste en presentar vinculaciones de la química con la vida cotidiana a través procesos ambientales, por ejemplo, a fin de captar la motivación. Así desde un enfoque cognitivo la enseñanza de las ciencias debe implicar, en la medida de lo posible, a las personas del entorno familiar del estudiante. El conocimiento será más significativo en la medida que los estudiantes puedan relacionar los conocimientos científicos con los fenómenos cotidianos. Las situaciones contextualizadas en ambientes familiares, planteadas de modo directo, sin elementos que actúen como distractores son más propicias para que los estudiantes puedan elaborar en forma creativa una solución a cualquier tipo de problemas.

Se ha visto que los estudiantes expuestos a experiencias de simulaciones interactivas de laboratorios, a través de multimedia, mejoran el dominio del material de laboratorio y de los procedimientos que deberán aplicar en las prácticas reales. Dado que los experimentos se hacen de manera individual, los estudiante pueden trabajar mas tranquilos que en el laboratorio convencional real. Pueden repetir las experiencias en forma ilimitada hasta la adquisición de las habilidades para efectuarlas en forma exitosa en el laboratorio real. El alumno puede consultar las instrucciones de trabajo, tantas veces como sea necesario hasta entender el procedimiento a seguir. Estas rutinas exigen al estudiante, la habilidad de observar y tomar notas para la realización posteriormente del experimento en el laboratorio real (Cabero, 2008; Cataldi y Lage, 2007). En contraposición al laboratorio químico real, en el que los tiempos, los productos químicos y los docentes auxiliares son escasos, surge un nuevo paradigma de

trabajo desde *lo virtual* que se complementa con las clases y el trabajo en el aula. Esta forma de interacción a través de los laboratorios virtuales, los programas de modelación y los simuladores apoyan los procesos de enseñanza y facilitan la tarea al docente y alumnos. Se prevé continuar con el análisis de uso de las TICs en el aula a través de las diferentes perspectivas de enseñanza y estudiar el modo en que lo asume el docente desde la reflexión de la propia práctica.

Agradecimientos

En esta comunicación es parte del Proyecto de Investigación y Desarrollo: *La Didáctica de la Química y el uso de TICs en su enseñanza en cursos universitarios iniciales, periodo 2008-2010*, código TEUTNBA933 de la SCyT del Programa “*Tecnología Educativa y enseñanza de la Ingeniería*”. Este Proyecto está radicado en la UDB Química, la Carrera de Licenciatura en Ciencias Aplicadas y en Escuela de Educación de Posgrado de la UTN-FRBA. MCD agradece a CICPBA subsidio personal de I+D.

Referencias

Aguaded, I. y Pérez Rodríguez, M. (2005) *Educación en Medios de Comunicación* en Curso: TICS para la formación. Su utilización didáctica. Universidad de Sevilla.

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* Murcia, Asociación de Químicos de Murcia.

Cabero, J. y Romero, R. (2005) *Criterios generales para el diseño, la producción y la utilización de las TICs en la enseñanza* en Curso: TICS para la formación. Su utilización didáctica. Universidad de Sevilla.

Camillioni, A; Celman, S; Litwin, E y Palou de Maté, M (1998). *La evaluación de los aprendizajes en el debate didáctico contemporáneo*. Paidós, Buenos Aires.

Camilloni, A. (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 Univ. 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.

Chang, R. (2000) Material para el docente. Sitio web <http://www.mhhe.com/physsci/chemistry/essentialchemistry/flash/flash.mhtml>

Dewey (1989) *Como pensamos. Nueva exposición de la relación entre pensamiento reflexivo y proceso educativo*. Paidós.

Cataldi, Z., Dominighini, C.; Gottardo, M. y Donnamaria, D. (2008). *La investigación educativa en didáctica de la química y la formación docente*. Congreso Nacional de Formación Docente. UNNE. 30 y 31 octubre.

Foresman, J. B, Frisch A. (1996). *Exploring Chemistry with Electronic Structure Methods*, Second Edition, Gaussian, Inc, Pittsburgh, PA.

García, C. M. (1994) *El paradigma de pensamiento del profesor*. Ceac

Lage, F. (2001) *Ambiente distribuido aplicado a la formación/capacitación de RR HH. Un modelo de aprendizaje cooperativo-colaborativo* Tesis de Magister en Informática. Facultad de Informática. UNLP.

Lion, C. (2006) *Imaginar con tecnología*. Editorial Stella. La Crujía Eds.

Litwin, E. (1999): *El Campo de la Didáctica: la búsqueda de una nueva agenda*, en *Corrientes Didácticas Contemporáneas: Camilloni et al.* (1998) Paidós, Bs.As

Nussbaum, J. y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accomodation: toward a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, pp. 183-200.

Perkins, D. (1995) *La Escuela inteligente*. Gedisa.

Rodríguez Illera, J. L. (2004) *El aprendizaje virtual. Enseñar y aprender en la era digital*. Homo Sapiens Ediciones.

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. (2007A) Conferencia *Enseñar para la comprensión con nuevas tecnologías*. Universidad de San Andrés. 8 de mayo.