

## El Laboratorio Virtual como Estrategia para el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje del Concepto de Mol

**Susana B. Fiad y Ofelia D. Galarza**

Universidad Nacional de Catamarca, UNCa. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,  
Av. Belgrano N° 300. CP 4700. San Fernando del Valle de Catamarca, Argentina  
(e-mail: susanafiad502@hotmail.com, odoragalarza@yahoo.com.ar)

*Recibido Ene. 14, 2015; Aceptado Feb. 11, 2015; Versión final recibida Abr. 6, 2015*

---

### Resumen

El propósito de este trabajo fue evaluar la implementación del laboratorio virtual de química general en el aprendizaje sobre cantidades atómico-moleculares, identificando el concepto de mol. Se usó un diseño experimental con preprueba-postprueba. Se trabajó con todos los alumnos ingresantes 2014, dividiéndolos en un grupo control (GC) y otro grupo experimental (GE). El 90% de los alumnos del GE contestó correctamente el ítem destinado al tema cantidades atómico-moleculares en el primer examen parcial de la materia, mientras que en el GC sólo lo hicieron el 45%. Los alumnos del GE pudieron desarrollar habilidades cognitivas durante la interacción con el simulador, utilizándolo como estrategia de aprendizaje y obtuvieron un valor para el factor de Hake de 0.89 reportado en la literatura como un valor satisfactorio con una ganancia de aprendizaje alta. Además, los estudiantes mostraron una actitud positiva hacia los conceptos tratados y la forma de trabajarlos en clase.

*Palabras clave: aprendizaje, simulación, química general, laboratorio virtual*

## The Virtual Laboratory as Strategy for the Teaching-Learning Process of the Concept of Mol

### Abstract

The purpose of this study was to evaluate the implementation of a virtual laboratory of general chemistry for the teaching-learning of concepts related to atomic-molecular quantities and for identifying the concept of mol. The type of design was experimental with pretest and post-test. The study was done by dividing all the freshmen 2014 into two groups: a control group (CG) and an experimental group (EG). Ninety percent of the students in the EG answered correctly the item atomic-molecular quantities in the first partial examination. Of the ones in the CG only 45% did. Students from the EG developed cognitive skills during interaction with the simulator, using it as a learning strategy and obtained a value of 0.89 for the Hake factor, a satisfactory value with a high gain of learning. Also, the students showed a positive attitude towards the concepts discussed and how to work with them in class.

*Keywords: learning, simulation, general chemistry, virtual laboratory*

## INTRODUCCIÓN

La cátedra Química General del departamento Química de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Catamarca (UNCa) tiene a cargo el dictado de las asignaturas Química General I y Química I correspondientes al 1er cuatrimestre del primer año de las carreras Profesorado en Química, Técnico Químico y Licenciatura en Química y de la carrera Licenciatura en Ciencias Ambientales, respectivamente. Tratándose de una materia de primer año que debe sentar bases para estudios más avanzados de la química y donde las nuevas reglas de juego del mundo académico universitario con las que tiene que lidiar el estudiante, muchas veces, le generan dificultades para adaptarse a la vida universitaria, señalándose como principales causas: la diferencia radical en la forma de estudiar con el nivel anterior, la elevada carga horaria, no estar acostumbrados a ese ritmo de estudio, y en algunos casos el desarraigo.

En un estudio sobre alumnos del Ciclo Básico Común (CBC) de la Universidad de Buenos Aires se determinó que en la generalidad de los casos, existe una brecha muy significativa entre la formación provista por el nivel medio y los requerimientos del nivel superior. El punto es que, aún aquellos que logran finalizar sus estudios de nivel medio e ingresar en el nivel superior, registran dificultades importantes, subsidiarias de la formación que portan del secundario, que los llevan gradualmente a la deserción, (Teobaldo 2002).

Como docentes de primer año, desde hace veinte años, y como docentes responsables del curso de ingreso a las carreras de química de la FACEN podemos señalar que el primer año de estudios se caracteriza por la conformación de grupos muy numerosos y heterogéneos; y en cuanto al nivel de conocimientos alcanzados por los alumnos una importante distancia entre la formación previa de los ingresantes y las competencias y conocimientos que se requieren para los estudios universitarios. Entre los déficit se pueden mencionar: falta de prerrequisitos matemáticos, falta de madurez intelectual o emocional, dificultades de lectura y escritura, falta de hábitos de estudio, falta de motivación, apatía, y cuando asisten a los trabajos prácticos de laboratorio, donde debieran ser actores principales puesto que deben llevar a cabo experiencias, se observa en los alumnos inseguridad, desconfianza y temor a manipular reactivos y elementos básicos de un laboratorio.

De estudios realizados durante el ingreso a la FACEN de la UNCa durante los años 2009 y 2010 en el marco del Programa de Apoyo para el Mejoramiento de la Enseñanza en primer año de carreras de grado de Ciencias Exactas y Naturales, Ciencias Económicas e Informática (PACENI\_UNCa), se concluyó que el porcentaje de retención al finalizar el primer año de estudios se encuentra entre un 20 y un 40%, dependiendo de la carrera, por lo que la tasa de desgranamiento es muy elevada en el primer año de estudios (Fiad y Quiroga, 2010). En este sentido, varios autores (Merino de la Fuente, 2002; Bär, 2010; Ratto, 2012), señalan que los problemas asociados a la enseñanza y al aprendizaje de las Ciencias Naturales, especialmente de la Física y de la Química se ven reflejados en los bajos rendimientos de los alumnos, tanto de nivel secundario como universitario y en una disminución en el número de estudiantes que eligen algunas carreras de nivel superior afines con ellas. Para Mazzitelli (2013), el problema aquí planteado podría deberse, entre otras razones, a la representación que tienen las personas sobre las Ciencias, su enseñanza y su aprendizaje. Así, esta problemática involucra aspectos relacionados con los alumnos y con los docentes, tanto aquellos que están actualmente en funciones como los que están en su proceso de formación inicial.

El éxito de los estudiantes está relacionado no sólo con sus capacidades intelectuales sino también, con los procedimientos o estrategias que han desarrollado para alcanzar sus objetivos de aprendizajes. Parece que las estrategias son usadas por el estudiante en función de factores motivacionales. La motivación para aprender juega un rol fundamental en cualquier campo de estudio. Según Pozo (1998: pag 48), "motivar es cambiar las prioridades de una persona", se trataría de partir de "los intereses y preferencias de los alumnos para generar otros nuevos", "...otra forma de mejorar la motivación..., es aumentar la expectativa de éxito de los alumnos en las tareas." La investigación psicológica ha demostrado la importancia de la motivación en el aprendizaje, llegando a establecer que sin motivación no hay aprendizaje (Chernikoff et al., 2003). El tema de la motivación requiere avanzar desde la concepción docente, que atribuye las dificultades de aprendizaje a la falta de motivación (como si se tratase de una responsabilidad sólo del alumno debido a la falta de interés por el conocimiento, por el esfuerzo intelectual o la educación en general), a una posición en la que se comprenda que la falta de motivación también es consecuencia de la educación que recibe, de cómo se le enseña (Pozo y Gómez Crespo, 1998), ya que tampoco parece razonable asumir que las cualidades motivadoras de una determinada estrategia son una función intrínseca de ella. La motivación no es un proceso unitario, sino que abarca componentes muy diversos; sería necesario precisar y clarificar qué elementos o constructos se engloban dentro de este amplio y complejo proceso que etiquetamos como motivación (Nuñez y Gonzalez Pumariaga 1996).

Partiendo de una definición clásica de la motivación, podemos considerarla como un conjunto de procesos implicados en la activación, dirección y persistencia de la conducta. Por tanto, el nivel de activación, la elección entre un conjunto de posibilidades de acción y el concentrar la atención y perseverar ante una tarea o actividad son los principales indicadores motivacionales. Para aprender algo nuevo es preciso disponer de las capacidades, conocimientos, estrategias y destrezas necesarias -poder- y tener la disposición, intención y motivación suficientes -querer- para alcanzar los fines que se pretenden conquistar. Esta idea de que el aprendizaje está determinado por variables motivacionales pero también cognitivas nos introduce de lleno en toda la compleja variedad de procesos y estrategias implicadas en el acto de aprender, (Núñez 2009).

Dado que el docente no sólo debe proporcionar conocimientos y consolidar resultados sino también fomentar los procesos mediante los cuales se alcanzan tales propósitos (Pozo 1993), adquieren relevancia las estrategias de aprendizaje utilizadas en la práctica docente, a través de las cuales se concreta la interacción profesor-alumno en el aula. En otras palabras, la motivación no es algo que está o no en el alumno sino que es el resultado de la interacción social en el aula. En este sentido la motivación puede clasificarse como intrínseca cuando la conducta se lleva a cabo de manera frecuente y sin ningún tipo de contingencia externa y como motivación extrínseca cuando los motivos que impulsan la acción son ajenos a la misma, es decir, están determinados por las contingencias externas (Gutiérrez y López 2012). En Goldenhersch et al. (2006) se hace referencia a la etapa inicial en la universidad señalando que “resulta particularmente importante profundizar en este período de la vida estudiantil, porque el desempeño durante el mismo permite predecir con mucha precisión la performance en los años subsiguientes”.

Por otra parte, la enseñanza tradicional de pizarrón está en contraposición con el mundo real donde viven los alumnos, porque ha cambiado la forma de interrelacionarse como resultado de las experiencias con la tecnología fuera de la escuela (Hernández, 2003). Se hacen necesarias nuevas formas de enseñanza (Bekerman y Dankner, 2010). Los docentes estamos en la obligación de encontrar nuevos y mejores métodos pedagógicos para alcanzar estos retos. En este contexto, las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TICs) juegan un papel esencial en la reestructuración del proceso de enseñanza-aprendizaje; asimismo pueden ser usadas como herramientas potencializadoras en la enseñanza de la Física experimental, aunque su uso debe hacerse de manera consciente y reflexiva, (Enrique y Alzugaray, 2013). Integrar las TICs a la docencia universitaria puede convertirse en una estrategia adecuada para motivar a los alumnos ya que, entre otras ventajas: incrementan la variedad metodológica, aumentan la accesibilidad y la flexibilidad, promueven el protagonismo del alumno, mejoran la presentación y la comprensión de ciertos tipos de información, fomentan el trabajo cooperativo, mejoran el trabajo individual, acceden a nuevos entornos y situaciones, (Díaz, 2004; Rosado y Herreros, 2009).

El diseño de entornos educativos virtuales hace que el proceso enseñanza-aprendizaje se centre en el alumno, que es el protagonista de su formación por lo que es necesario contribuir al desarrollo de un pensamiento crítico e innovador y que sepa trabajar en un ambiente de colaboración. El utilizar las TICs para mejorar el aprendizaje implica diseñar actividades idóneas como la realización de proyectos o trabajos de colaboración. Las TICs contribuyen a facilitar el trabajo del estudiante en un doble sentido: por un lado, fomentando su trabajo individual, y por otro, estimulando la interacción con sus compañeros de grupo de trabajo, (Andrade et al., 2010). Las TICs ofrecen un amplio abanico de posibilidades y su naturaleza es muy variada. Los laboratorios virtuales se enmarcan en lo que se conoce como Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) que, aprovechando las funcionalidades de las TICs, ofrecen nuevos contextos para la enseñanza y el aprendizaje, libres de las restricciones que imponen el tiempo y el espacio en la enseñanza presencial y son capaces de asegurar una continua comunicación (virtual) entre alumnos y docentes (López y Morcillo, 2007; Valderrama et al., 2009; Urréjola et al., 2011).

Los laboratorios virtuales de química (LVQs) son herramientas informáticas que aportan las TICs y simulan un laboratorio de ensayos químicos desde un entorno virtual de aprendizaje. Constituyen una alternativa complementaria válida que brindan ventajas para el aprendizaje de la química, tales como: la posibilidad de trabajar en un ambiente de enseñanza e investigación protegido y seguro, de realizar un trabajo tanto individual como grupal y colaborativo, además de ofrecerle al estudiante una serie de elementos adicionales, como bloc de notas, graficadores, calculadoras científicas, entre otros, (Cataldi et al. 2011).

La incorporación de los laboratorios virtuales en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Química General en el primer año de universidad, propicia en los estudiantes la adquisición de habilidades necesarias para realizar las prácticas en el laboratorio real, ya que tienen la oportunidad de repetir las prácticas virtuales tantas veces como lo consideren necesario. Asimismo, se facilita la autoevaluación, el estudio independiente y además contribuye al ahorro de recursos y cuidado del medio ambiente, (Rodríguez Rivero 2014).

En las ciencias básicas es imprescindible la medición de diferentes cantidades, se utilizan de forma cotidiana magnitudes como la masa, la longitud, el volumen y el tiempo (Reboiras, 2006). Todas estas magnitudes están asimiladas por los estudiantes puesto que son tangibles y pueden dimensionar lo que es 1kg de azúcar, o 100cm de una tira de papel; es decir les resultan familiares y las usan en la vida diaria. Existen otras magnitudes como la cantidad de sustancia, que se refiere al número de partículas presentes en una muestra, partículas que pueden ser átomos, moléculas, iones o electrones y su unidad es el mol. Estos temas normalmente se encuentran en los programas como: Cantidades atómico-moleculares, y, entre los estudiantes de secundaria, existen obstáculos epistemológicos a la hora de abordar estos conceptos (Azcona et al., 2002). La comprensión del concepto de mol es uno de ellos, debido a la complejidad de llevar éste a las prácticas experimentales y de relacionarlo con ejemplos cotidianos. La forma de impartir este concepto se limita, generalmente, a elementos teóricos y muchas veces erróneos, la cantidad de sustancia suele considerarse como una magnitud de masa o como la cantidad de unidades químicas, ignorando su importancia en el conteo de partículas fundamentales (Furió et al., 2002).

Las dificultades de aprendizaje en torno al concepto de mol han sido puestas de manifiesto de forma reiterada por la investigación didáctica en las últimas décadas (Dierks, 1981) y demuestran que los estudiantes carecen de una concepción científica del mismo; las graves deficiencias epistemológicas y didácticas detectadas en la enseñanza habitual de estos conceptos son principalmente las responsables de la mayoría de las dificultades de aprendizaje apuntadas en la bibliografía, (Gabel y Bunce 1994). En este sentido, la mayoría de los estudiantes identifica el mol con una masa, con un volumen o con un número de entidades (Furió et al., 2002; Krishnan y Howe, 1994; Staver y Lumpe, 1995). Por otra parte los estudiantes, al desconocer el significado de la magnitud cantidad de sustancia, evitan su manejo y no identifican al mol como una unidad (Schmidt, 1994). Los razonamientos de la mayoría de los estudiantes en este dominio se caracterizan por confundir frecuentemente el nivel macroscópico de descripción de las sustancias con el microscópico de sus entidades a escala atómico-molecular. Un caso bastante frecuente es la identificación que hacen los estudiantes de la masa molar con la masa molecular y los toman indistintamente (Furió et al., 1993).

Otro concepto que a los estudiantes les genera cierto nivel de dificultad en la comprensión, es el número o constante de Avogadro (Número que refiere a la cantidad de partículas que existe en cualquier mol de sustancia y que equivale a  $6,02214179 \times 10^{23}$  partículas). En este sentido surgen algunos interrogantes tales como: si las sustancias tienen diferente masa molar, ¿por qué tiene la misma cantidad de partículas?; ¿cómo se puede comprobar esta cantidad inconmensurable? Existen varias investigaciones que han dado respuesta a estos interrogantes, y de forma didáctica han tratado de incursionar en la educación con estrategias para la comprensión del concepto de mol y su contextualización, (Azcona, 1997) (García Sepúlveda, 2010) (Furió et al., 2006). El concepto de mol es muy importante para los estudiantes de los primeros cursos de química ya que su comprensión es requisito necesario para resolver problemas de estequiometría (Kolb, 1978). Por otra parte, el aprendizaje de conceptos científicos requiere el desarrollo simultáneo de competencias características de la metodología científica y de una forma de enseñar coherente con este objetivo (Millar, 1989; Gil et al., 1991).

Los alumnos que asisten a la cátedra Química General I de las carreras de Química y a la Química I de la carrera Licenciatura en Ciencias Ambientales de la FACEN no son la excepción. Año tras año se puede corroborar la confusión que les genera este concepto. El registro de la evaluación diagnóstico (período 2010-2014) que se toma a los ingresantes revela que entre el 89 y el 92% de los estudiantes tienen errores de concepto con respecto al mol y no saben diferenciarlo de la masa molar, el volumen molar y de la constante de Avogadro.

El concepto de mol es muy importante en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la química general ya que en él se ven involucradas otras concepciones que, si no se tienen claras a la hora de abordarlo, resultará compleja su comprensión. Entonces ¿qué estrategia se puede implementar para la enseñanza-aprendizaje del tema cantidades atómico- moleculares que conlleve a un aprendizaje significativo y facilite la comprensión del tema por parte de los estudiantes de Química General I y Química I?. De la respuesta a este interrogante surge la hipótesis del trabajo: El VCL propicia la motivación de los estudiantes de química general I y facilita la enseñanza-aprendizaje del concepto de mol. En este trabajo, el objetivo fue implementar una actividad que permita la enseñanza-aprendizaje del concepto de mol y que facilite su comprensión utilizando el laboratorio virtual de Química.

## **METODOLOGÍA**

El tipo de diseño elegido para este estudio fue el experimental con preprueba-postprueba (pretest y posttest) y grupo de control. Al iniciar el año académico del listado completo de alumnos se conformaron dos grupos, el grupo experimental (GE) y el grupo control (GC), dejando previamente excluidos los alumnos recursantes

(puesto que los mismos ya tuvieron algún tipo de intervención para el aprendizaje de la química en la universidad). Los integrantes de ambos grupos fueron asignados aleatoriamente con el fin de que cada alumno tenga la misma probabilidad de ser elegido. El procedimiento de selección fue el de Números random o números aleatorios, que consisten en una tabla de números que implica un mecanismo de probabilidad muy bien diseñado (Hernández Sampieri et al., 2010).

Los instrumentos empleados en este estudio fueron evaluación diagnóstico, pretest y postest. Evaluación diagnóstico: instrumento con formato de prueba tradicional, que recogió información acerca del nivel de conocimientos respecto de temas básicos de química, que el alumno trae del nivel anterior, y se incluyó un punto específico sobre cantidades atómico-moleculares. El Pretest: instrumento con formato de cuestionario de respuesta cerrada, que recogió información acerca del conocimiento y la utilización de las TIC en la escuela media. En cuanto a los postests se utilizaron dos instrumentos: el primer examen parcial de la materia y un cuestionario. El primer examen parcial de la materia incluyó un ítem específico del tema cantidades atómico-moleculares según lo trabajado con la estrategia del laboratorio virtual, y el cuestionario de respuesta cerrada indagó sobre aspectos relacionados con el simulador, (LVQ) con el propósito de medir las aportaciones que pudiera ofrecer el simulador para el aprendizaje de la química.

La herramienta utilizada como estímulo fue “Laboratorio Virtual de Química General” (VCL), correspondiente a una publicación de Prentice Hall, de la Editorial Pearson, 3ª edición de 2009 con ISBN: 978-607-442-210-8, (Woodfield et al. 2009), que tiene gran versatilidad en cuanto a sus posibilidades de aplicación en el aula. Viene en soporte CD y con un libro que trae algo de teoría y actividades. Es sumamente realista, en 3D, y da la sensación de estar efectivamente en el interior de un laboratorio. Fue desarrollado por la Brigham Young University. Las principales ventajas del VCL elegido, respecto de otros disponibles, radican en que es muy dinámico, intuitivo y contiene una serie de experimentos para realizar en cinco mesas de trabajo, que diferencian las temáticas a abordar: Química Inorgánica, Calorimetría, Gases, Química Cuántica y Valoraciones. Además le permite al estudiante tomar decisiones y efectuar elecciones de manera similar a las que tomaría en un laboratorio real, experimentando las consecuencias de la correcta o incorrecta “praxis” sin ningún tipo de riesgo.

La administración de la preprueba sirvió como un control del experimento, ya que al comparar las prepruebas de los dos grupos se evaluó como adecuada la aleatorización de los grupos y permitió analizar el puntaje ganancia de cada grupo (la diferencia entre las puntuaciones de la preprueba y la postprueba). En la primera clase del curso de Ingreso 2014, a ambos grupos simultáneamente, se les administró la evaluación diagnóstico y el pretest. Fueron anónimas y diseñadas igual para ambos grupos. Respetando lo planificado en la Guía Didáctica de la cátedra, se desarrolló el tema cantidades atómico-moleculares, para ambos grupos, según la modalidad habitual de la materia que consta básicamente de una clase teórica, una clase teórico-práctica y una clase práctica de aula, Tabla 1.

Tabla1: Descripción de modalidades de clase para desarrollar el tema “Cantidades atómico-moleculares”

Modalidad de clase	Descripción
Teórica (T)	Consiste fundamentalmente en la exposición, por parte del docente, del contenido teórico con énfasis en los aspectos más relevantes. El alumno atiende y hace preguntas o aportes. Toma notas en su cuaderno de apuntes. En estas clases se aprovechan todos los momentos propicios para explicar aspectos de la Historia de la química que puedan resultarles interesantes y motivadores a los alumnos
Teórico-práctica (TP)	Se alcanzan equilibrio entre contenidos teóricos y su aplicación en ejercicios, problemas o situaciones problemáticas ejemplificadoras que se resuelven en la pizarra.
Práctica de aula (TPA)	En esta instancia los alumnos se desempeñan con mayor independencia aplicando los conocimientos en la resolución de ejercicios y problemas previstos en la guía de trabajo práctico. Se desarrollarán a libro abierto y el carácter será de aprendizaje. Se trabaja en pequeños grupos y pueden realizar consultas entre sus pares y/o al profesor a cargo de la clase

Posteriormente, en una clase en la sala de computación 1 de la FACEN, se presentó al GE el VCL a través un power point. Con el propósito de familiarizar al estudiante con el procedimiento a seguir se mostró una serie de capturas de pantalla del simulador. A través de ellas se indicó cómo encontrar el ícono del VCL para iniciar simulaciones, como acceder al laboratorio de química general y finalmente ingresar a la mesada del laboratorio donde se encuentra el workbook (cuaderno de trabajo), de donde se eligió el trabajo práctico a desarrollar, figuras 1a y 1b. En este caso fue el correspondiente al Tema: conteo de átomos, de moléculas, de moles de átomos y de moles de moléculas.

En la simulación el alumno realizó operaciones básicas de un laboratorio como tarar la balanza y pesar, siguiendo el protocolo de pesada tal como se hace en un laboratorio real. Trabajó con los metales oro, plomo, tungsteno, sodio, erbio, uranio, una sustancia inorgánica (cloruro de sodio) y una sustancia orgánica (sacarosa). Además se solicitó que el propio alumno elija una sustancia simple y una compuesta, (diferente a las anteriores), por lo que tuvo que ingresar al almacén de reactivos para seleccionarlas y repetir la operación. Finalmente completó una tabla con las masas determinadas en la balanza. A partir de éstas realizó diferentes cálculos para determinar la cantidad de átomos, de moles de átomos, de moles de moléculas presentes en las masas medidas de cada elemento y/o compuesto, como también averiguar la masa de una molécula o de un átomo. Con estos datos completó el informe escrito de la experiencia de laboratorio. El informe fue evaluado y entregado al alumno en la clase siguiente.

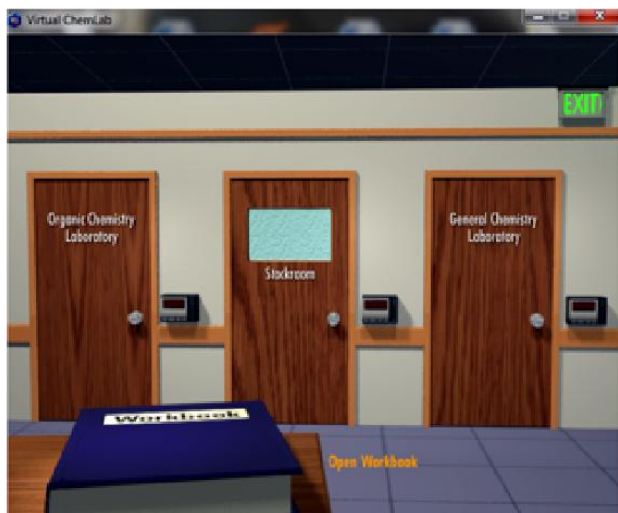


Fig. 1a. Captura de pantalla del simulador para ingresar al laboratorio virtual



Fig. 1b. Captura de pantalla de la mesada del laboratorio virtual

A posteriori y en la fecha prevista se tomó el primer examen parcial (postest) de la materia diseñado igual para ambos grupos. Además al GE se le administró el postest para indagar aspectos del programa educativo (simulador), Tabla 2.

Tabla 2: Cuestionario sobre aspectos relacionados con el simulador

1. Propicia la comprensión de los conceptos	si	no
2. Es fácil de recordar	si	no
3. El usuario puede controlar la ejecución	si	no
4. Es flexible el realismo	si	no
5. Es transferible a otras situaciones reales	si	no
6. Provoca pocos errores la computadora	si	no
7. Deja una experiencia subjetiva, agradable	si	no
8. Las instrucciones de uso del programa son		
a) claras	si	no
b) pertinentes	si	no
c) completas	si	no
d) todas las anteriores	si	no
9. El empleo del simulador me permitió entender mejor los temas desarrollado en los trabajos prácticos de aula	si	no

Para contrastar el avance conceptual logrado por los estudiantes tanto del GE como del GC se utilizó la herramienta estadística llamada Ganancia normalizada o factor de Hake que mide cuánto han aprendido los estudiantes dentro del contexto de una metodología didáctica en particular, en este caso, el empleo del VCL. Una ganancia de Hake baja se encuentra considerada entre 0.0 y 0.3, una ganancia de Hake media se encuentra entre 0.3 y 0.7, y una ganancia de aprendizaje alta está comprendida entre 0.7 y 1.0, (Hake 1998). La expresión matemática para evaluarla está dada por la fórmula (1).

$$h = \frac{\% \text{ postest} - \% \text{ pretest}}{100 - \% \text{ pretest}} \quad (1)$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El total de alumnos ingresantes 2014 fue de 77 alumnos y solo 10 son recursantes, por lo que el número total de alumnos para este estudio fue de 67. El 87% de alumnos cursantes de la materia son ingresantes 2014, figura 2. Con respecto a los alumnos recursantes asistieron a las clases normalmente y realizaron todas las actividades obligatorias de la cátedra integrándose a la comisión que conformó el GC. Fueron 10 alumnos perfectamente identificados por lo que el resultado de sus evaluaciones no se tuvo en cuenta para este estudio (fueron previamente excluidos ya que los mismos tuvieron anteriormente algún tipo de intervención para el aprendizaje de la química en la universidad).

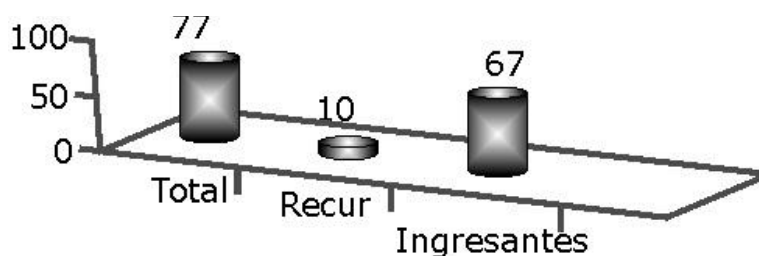


Fig. 2. Número de alumnos de Química General I 2014

### Del pretest

En cuanto al resultado del pretest que pretendía indagar acerca del conocimiento y la utilización de las TIC en la escuela media el 53% declara haber recibido las netbook del programa conectar-igualdad, sin embargo sólo el 20% declara haberlas utilizado para realizar trabajos de la escuela, señalando como principales la presentación de informes para las asignaturas lengua, historia y el 80% de ellos declara haberlas utilizado en geografía; el 40% dice haberlas usado para jugar y conectarse al facebook y solamente el 2% dice haberlas utilizado con el programa geogebra en la clase de matemática o física. El 100% declaró no haber trabajado con laboratorio virtual en química, figura 3.

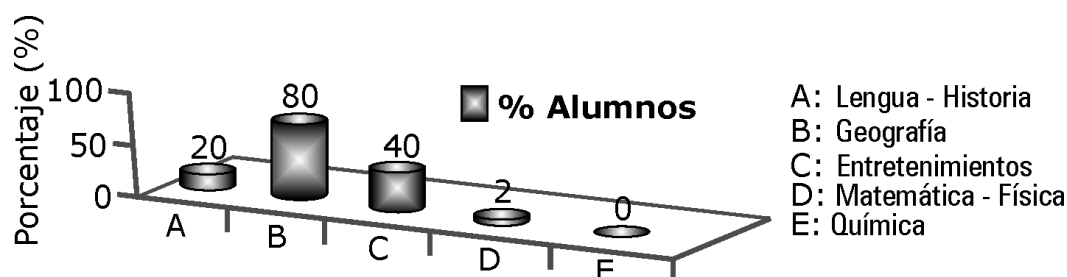


Fig. 3: Porcentaje de alumnos que usaron las netbooks según la asignatura en la escuela secundaria

De todo lo anterior se puede advertir que las netbooks no son totalmente aprovechadas para el aprendizaje en el nivel anterior y que el alumno ingresante a las carreras de química y ciencias ambientales, si bien está familiarizado con las TICs el principal uso que le da es para ingresar a redes sociales y/o jugar.

### De la conformación de los grupos

El GE estuvo constituido por un total de 33 alumnos de los cuales el 69% son mujeres y el 31% varones. En cuanto al GC el total fue de 34 alumnos de los cuales el 60% son mujeres y el 40% varones, figura 4.

### De la Evaluación diagnóstica

Del resultado de la evaluación diagnóstica, en el ítem destinado a evaluar conocimientos acerca de las cantidades atómico-moleculares casi no se encuentran diferencias en ambos grupos ya que más del 90% de los estudiantes tienen errores de concepto y resuelven mal o no resuelven los problemas que involucran a las cantidades atómico moleculares. En la figura 5 se puede apreciar el porcentaje de respuestas correctas obtenidas en la evaluación diagnóstica en el ingreso 2014 discriminado por grupo, por sexo y el total. Los resultados concuerdan con estudios previos realizados en ingresantes (Fiad y Quiroga, 2010). Se advierte también, que si bien es bajo el porcentaje de respuestas correctas en ambos grupos, la mayoría de los que responden correctamente son varones.



La principal confusión se da cuando se trabaja con sustancias compuestas y al hablar del mol de la sustancia: por ejemplo, en el  $H_2SO_4$ , sostienen que el mol de ácido sulfúrico contiene 2 átomos de hidrógeno, 1 de azufre y 4 de oxígeno. No diferencian el mol de átomos del mol de moléculas. De igual forma, para ellos la molécula de ácido sulfúrico pesa 98g, lo que coincide con lo expresado por Furió et al., (2002) acerca de que los estudiantes confunden frecuentemente el nivel macroscópico de descripción de las sustancias con el microscópico de sus entidades a escala atómico-molecular.

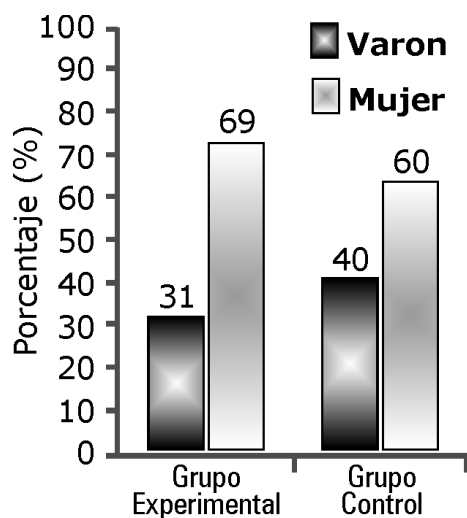


Fig. 4: Porcentaje de alumnos según el sexo de los grupos GC y GE

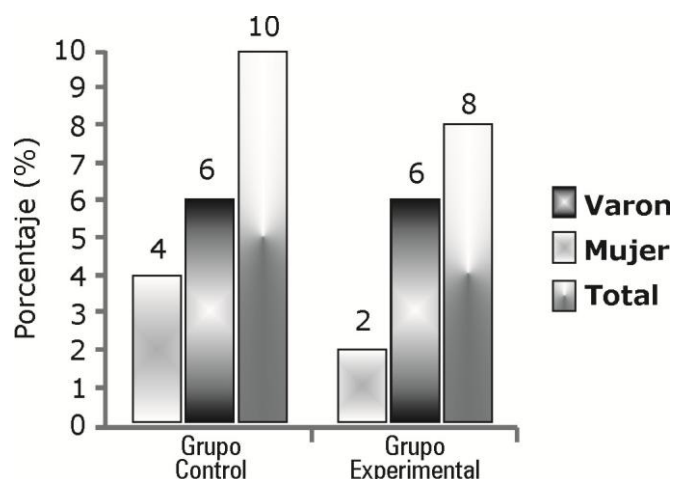


Fig. 5: Comparación en porcentaje de respuestas correctas sobre cantidades atómico-moleculares discriminadas por grupo y por sexo

#### De los posttest

Con respecto a los resultados después de la intervención didáctica se puede señalar que el 90% de los alumnos del GE contestó correctamente el ítem destinado al tema cantidades atómico-moleculares en el primer examen parcial de la materia, mientras que en el GC sólo lo hicieron el 45%.

En las figuras 6a y 6b se pueden comparar los resultados, respecto al ítem cantidades atómico-moleculares, de la evaluación diagnóstico con los resultados obtenidos en el primer examen parcial de la materia, por los alumnos del GC y del GE, respectivamente.

En ambos grupos el porcentaje de respuestas correctas aumentó después de la intervención, siendo mayor en las respuestas de los varones. Se puede apreciar claramente la evolución muy favorable en el GE, lo que sugiere que el laboratorio virtual fue una estrategia muy útil para la comprensión del concepto mol. Para comparar el avance conceptual logrado por los estudiantes del GE y del GC se calculó el factor de Hake, Tabla 3.



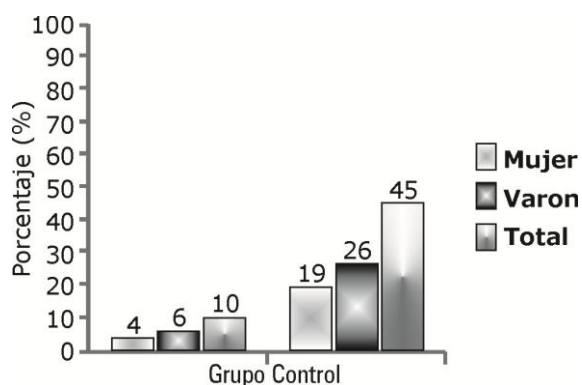


Fig. 6a: Porcentajes de respuestas correctas del ítem cantidades atómico- moleculares antes y después de la instrucción

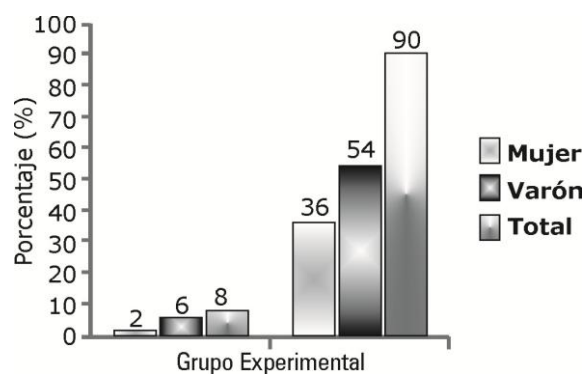


Fig. 6b: Porcentajes de respuestas correctas del ítem cantidades atómico- moleculares antes y después de la instrucción

Tabla 3. Resultados de la ganancia de Hake total para los grupos y discriminados por sexo

Grupo	Factor de Hake		
	Total de alumnos	Mujeres	Varones
GC	0.39	0.16	0.21
GE	0.89	0.35	0.51

El factor de Hake para el GE fue de 0.89 considerado como una ganancia alta. Esta ganancia corresponde a que se logró, con la instrumentación del VCL, que el 82% de los estudiantes resolvieran satisfactoriamente ejercicios de cantidades atómico-moleculares utilizando estrategias de resolución en las que manejan de modo significativo el concepto de mol. En contraste en el GC la ganancia fue de 0.39 considerada media, atribuible a las estrategias habituales de la cátedra, observando un incremento de un 35 % de estudiantes que contestaron correctamente en el primer examen parcial con respecto al número de estudiantes que contestaron bien en la evaluación de diagnóstico. Este resultado coincide con los registros que la cátedra cuenta de años anteriores.

Si se analiza el factor de Hake teniendo en cuenta el sexo y los grupos, se advierte que en el GC las mujeres tienen una ganancia de 0.16 y los varones una de 0.21, ambas consideradas como baja, mientras que en el GE las mujeres muestran una ganancia de 0.35 y los varones una de 0.51, ambas consideradas como media, siendo mayor la contribución que hacen los varones a la ganancia del grupo. Esto podría deberse a que los varones parecen tener mayor destreza en el manejo del VCL.

En cuanto a la valoración que hicieron los alumnos del GE con respecto del simulador la categoría que más se repitió fue SI, por lo que se asume a la evaluación del mismo como aceptable y funcional. En este mismo cuestionario se puso un apartado de sugerencias y el 95 % propone estudiar más temas de la materia con el uso del laboratorio virtual señalando que representa una manera más "didáctica" e "interesante" de aprender. En la figura 7 se puede apreciar el porcentaje de respuestas afirmativas marcadas por los alumnos en el postest según las diferentes apreciaciones acerca de la experiencia de trabajar con el simulador.

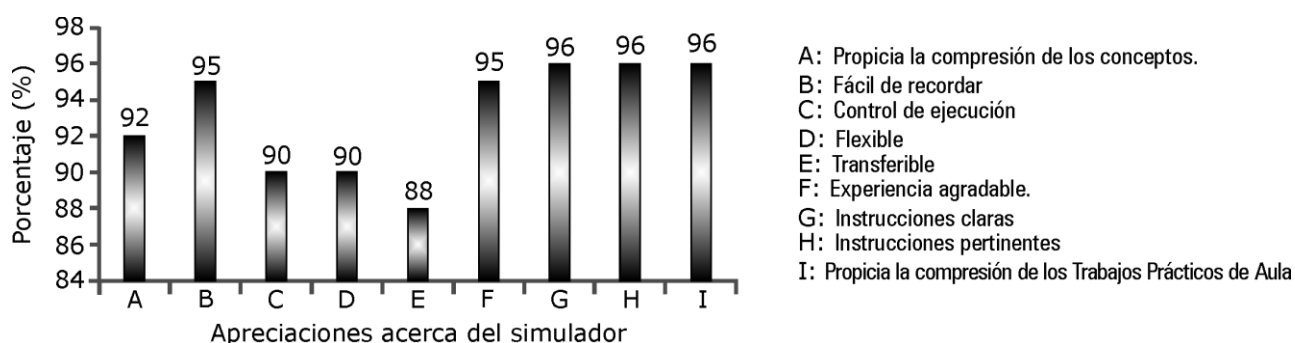


Fig. 7: Porcentajes de respuestas afirmativas según las apreciaciones acerca del simulador

## CONCLUSIONES

Los estudiantes del GE obtuvieron una diferencia significativa entre el conocimiento de los conceptos involucrados en el tema cantidades atómico-moleculares adquiridos con la intervención didáctica realizada, respecto al conocimiento conceptual con el que se iniciaron, mientras que los del GC, sujetos a una instrucción tradicional, no muestran una diferencia significativa entre el conocimiento conceptual con el que iniciaron respecto al evaluado después de la instrucción.

Los estudiantes del GE obtuvieron un valor para el factor de Hake comprendido dentro del intervalo reportado en la literatura como un valor satisfactorio con una ganancia de aprendizaje alta.

Los estudiantes del GE mostraron una actitud positiva hacia los conceptos tratados y la forma de trabajarlos en clase, siendo un aspecto a considerar en la cátedra a fin de incorporar otros contenidos empleando la misma metodología.

Los resultados obtenidos parecen poner de manifiesto que los estudiantes que fueron asistidos por un entorno virtual de enseñanza aprendizaje son capaces de utilizar conceptos de alto nivel de comprensión como los tratados.

Los resultados de esta experiencia indican que los alumnos del GE pudieron desarrollar habilidades cognoscitivas durante la interacción con el simulador, utilizándolo como estrategia de aprendizaje, propiciando la comprensión y adquisición de los conceptos relacionados con las cantidades atómico-moleculares.

Resultó gratificante observar el interés y la motivación manifestada por los propios alumnos en ver más temas de química con esta herramienta.

## REFERENCIAS

Andrade, M.L., Covelo, E.F. y Vega, F.A. *Ventajas del uso de las TIC en la enseñanza/aprendizaje de la materia Contaminación de Suelos*, <http://www.scielo.mec.pt/scielo.php>; ISSN: 0871-018X, Revista de Ciencias Agrarias [online]. 33 (1), 257-266 (2010).

Azcona, R. *Análisis crítico de la enseñanza-aprendizaje de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol*. Una alternativa didáctica basada en el aprendizaje por investigación, Tesis doctoral. San Sebastián, Facultad de Ciencias químicas, Universidad del País Vasco (1997).

Azcona, R., Furió, C. y J Guisasola, *Algunas reflexiones sobre la magnitud cantidad de sustancia y su unidad el mol. Implicaciones para su enseñanza*, Anales de la Real Sociedad Española de Química, 98(3), 30-33. (2002).

Bär, N. *¿Qué se esconde tras el miedo a las ciencias duras?*. Diario La Nación. Publicado julio 2010. Sitio web: <http://www.lanacion.com.ar/1288859>, consultado 3 de marzo de 2015.

Bekerman, D y Dankner, L., *La pareja Pedagógica en el Ámbito Universitario, Un Aporte a la Didáctica Colaborativa*, Formación Universitaria, 3(6), 3-8 (2010).

Cataldi, Z., Chiarenza, D., Dominighini, C., y Lage, F. J. *Clasificación de laboratorios virtuales de química y propuesta de evaluación heurística*. In XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación. (2011).

Chernikoff, R.; Eirín, R; Kojanovich, C.; Rodríguez, O. *¿Existe correlación entre los «estilos motivacionales» de los alumnos y sus preferencias por diferentes estrategias de aprendizajes?* Memorias de las XIII Reunión Nacional de Educación en Física, Río Cuarto, Argentina, noviembre (2003).

Díaz, P. *En apoyo del aprendizaje en la universidad, hacia el espacio europeo de educación superior: Las TIC como apoyo en el proceso de enseñanza/aprendizaje*, 1ª edición, S. A. 6-7, Editorial Complutense, Madrid, España (2004).

Dierks, W. *Teaching the mole*, <http://www.tandfonline.com>, ISSN: 0898-9621 European Journal of Science Education, 3(2), 145-148 (1981).

Enrique, C. M. y Alzugaray, G. E. *Modelo de Enseñanza-Aprendizaje para el Estudio de la Cinemática de un Volante Inercial usando Tecnologías de la Información y la Comunicación en un Laboratorio de Física*, doi 10.4067/S0718-50062013000100002. Formación Universitaria, 6(1), 3-12 (2013).

Fiad S. y Quiroga, V. *Dificultades en el aprendizaje de Química General I y acciones tendientes a mejorar su enseñanza, en el marco del PACENI*. VI Jornadas Internacionales-IX Nacionales de la Enseñanza Universitaria de la Química. ISBN N°978-987-657-370-2 Universidad Nacional del Litoral, Santa Fe, 140 (2010).

Furió, C., Azcona, R., y J. Guisasola. *Enseñanza de los Conceptos de Cantidad de Sustancia y de Mol basada en un modelo de Aprendizaje como Investigación Orientada*, Enseñanza de las Ciencias: 24 (1), 43-58 (2006).

Furió, C., R. Azcona y J. Guisasola, *Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol*, Enseñanza de las Ciencias: 20 (2), 229-242 (2002).

Furió, C., Azcona, R., Guisasola, G. y Mujika, E. *Concepciones de los estudiantes sobre una magnitud «olvidada» en la enseñanza de la química: la cantidad de sustancia*, Enseñanza de las Ciencias, 11(2), 107-114, (1993).

Gabel, D.L. y Bunce, D.M. Research on problem solving: Chemistry, en Gabel, D.L. (ed.). *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*, Nueva York, MacMillan Publishing Company (1994).

García Sepúlveda, S. *Aprendamos el concepto de cantidad de sustancia*, [http://www.csi-csif.es/andalucia/mod\\_ense-csifrevistad\\_27.html](http://www.csi-csif.es/andalucia/mod_ense-csifrevistad_27.html), ISSN1988-6047, Revista Digital Innovación y Experiencias Educativas, 27,1-8 (2010).

Gil, D., Carrascosa, J., Furió, C. y Martínez Torregrosa, J., *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*, Barcelona: ICE-Horsori, (1991).

Goldenhersch, H.; Coria, A.; Moughty, M.T. ;Chiavassa, N.; Saino, M. *Deserción Estudiantil, Estudio de un caso la FCE, Córdoba, Argentina*, Asociación Cooperadora de la Facultad de Ciencias Económicas,1 (2006).

Gutiérrez, M. y E. López. *Clima motivacional, razones para la disciplina y comportamiento en Educación Física*. [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista46/artclima292.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista46/artclima292.htm). ISSN: 1577-0354, Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 12 (46), 235-251 (2012).

Hake, R. *Interactive-engagement vs. traditional methods: A si x-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses*, Am. J. Phys., 66, 64–74 (1998).

Hernandez, R. *El Modelo Constructivista con las Nuevas Tecnologías, Aplicando en el Proceso de Aprendizaje*, Rev. De Universidad y Sociedad del Conocimiento, 5(2), 26-35 (2003).

Hernández Sampieri, R. ,Fernandez Collado C., y P. Baptista Lucio. *Metodología de la Investigación*, 2a ed, 217, McGraw-Hill, México (2000).

Kolb, D. *The mole*, Journal of Chemical Education, 55(1), 728-732. (1978).

Krishnan, S.R. y Howe, A.C. *The mole concept developing an instrument to assess conceptual understanding*, Journal of Chemical Education, 71(8), 653-655 (1994).

López, M. y Morcillo, J.G. *Las TIC en la enseñanza de la Biología en la educación secundaria: los laboratorios virtuales*, Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, 6(3), 562-576 (2007).

Mazzitelli, C. *Los futuros docentes y sus representaciones de la enseñanza de las ciencias*, Avances en ciencias e ingeniería, 4(2), 99-110, (2013).

Merino de la Fuente, M. *La crisis de la Física: una crónica de la Semana Europea de Ciencia y Tecnología 2000*. Enseñanza de las Ciencias 20 (1), 185 – 190. (2002).

Millar, R.(1989). *Constructive criticisms*, <http://www.tandfonline.com>, ISSN: 0898-9621, International Journal of Science Education 11, 587-596, (1989).

- Nuñez, J.C. y S. Gonzalez-Pumariega. *Motivación y aprendizaje escolar*. Congreso Nacional sobre Motivación e Instrucción. (1996).
- Nuñez, J.C. *Motivación, Aprendizaje y Rendimiento Académico*. X Congreso Internacional Galego-Português de Psicopedagogía. Universidad de Oviedo. (2009).
- Pozo, J.I. *Estrategias de aprendizaje, Desarrollo psicológico y educación II*, 1era. Edición, Alianza, 235-258, Madrid, España (1993).
- Pozo, J.I. y Gómez Crespo, M.A. *Aprender y enseñar ciencia*, Morata, Madrid (1998).
- Pozo, J., *La Psicología cognitiva y la educación científica*, Universidad Autónoma de Madrid, España (1998).
- Ratto, J. *Disertación: Enseñanza de las Ciencias*. Academia Nacional de Educación (Argentina), julio 2012. Sitio web: [http://www.acaedu.edu.ar/index.php?option=com\\_content&view=article&id](http://www.acaedu.edu.ar/index.php?option=com_content&view=article&id), consultado 3 de marzo de 2015.
- Reboiras, MD. *Química, La ciencia básica*, Ed. Thomson, Madrid (2006).
- Rodríguez-Rivero, Y., Molina-Padrón, V., Martínez-Rodríguez, M., y J. Molina-Rodríguez. *El proceso enseñanza-aprendizaje de la química general con el empleo de laboratorios virtuales*, Avances en Ciencias e Ingeniería - Av. cien. ing., 5(1), 67-79 (2014).
- Rosado, L. y Herreros, J. *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*, Recent Research Developments in Learning Technologies, International Conference on Multimedia and ict in Education, 22-24 abril, Lisboa, Disponible en: [www.formatex.org/micte](http://www.formatex.org/micte), (2009), (consultado: 6 de diciembre 2013).
- Schmidt, H.J. *Stoichiometry problem solving in high school Chemistry*, International Journal of Science Education, 16(2), 191-200 (1994).
- Staver, J.R. y Lumpe, A.T. *Two Investigations of students' understanding of the mole concept and its use in problem solving*, Journal of Resources in Science Teacher, 32(2), 177-193 (1995).
- Teobaldo, M. *El aprendizaje del oficio de alumno en el primer año de la universidad: concepciones previas sobre aprender y enseñar. Contextos institucionales y familiares*. I Congreso Internacional y II Nacional: La educación frente a los desafíos del Tercer Milenio: Camino hacia la Libertad". Unión de Educadores de Provincia de Córdoba y Escuela Normal Superior "Dr. Alejandro Carbó" (2002).
- Urréjola, S., Valderrama, J.O. y Sánchez, A. *Aplicación de las nuevas tecnologías a la colaboración docente entre universidades de distintos continentes*. Proyecto AECID entre la Universidad de La Serena (Chile) y la Universidad de Vigo (España). Editorial: Nova Galicia Ediciones, Vigo-España, (2011).
- Valderrama, J.O., Sanchez, Á. y Urréjola, S. *Colaboración Académica Internacional en Tecnologías de la Información y Docencia Virtual*. Formación Universitaria, 2(6), 3-13 (2009).
- Woodfield, B.; Asplund, M.; y S. Haderlie, *Laboratorio Virtual de Química General (VCL)*, 3ª edición, Prentice Hall, Naucalpan de Juárez, México (2009).