

SUSTANCIAS Y REACCIONES QUÍMICAS. TEMAS DEL CURSO DE INGRESO UNIVERSITARIO TRATADOS CON DIFERENTES RECURSOS

SUBSTANCES AND CHEMICAL REACTIONS. TOPICS OF THE UNIVERSITY ENTRY COURSE TREATED WITH DIFFERENT RESOURCES

**René O. Güemes; Adriana E. Ortolani; María del C. Tiburzi; Claudia B. Falicoff;
José M. Raffaelli y Héctor S. Odetti**

Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas, Departamento de Química General e Inorgánica. Ciudad Universitaria. Paraje "El Pozo", (3000) Santa Fe - Argentina
(e-mail: joseraffaelli@arnet.com.ar)

Recibido: 15/12/2010 - Evaluado: 07/01/2011 - Aceptado: 03/03/2011

RESUMEN

En esta investigación se buscó detectar y comparar dificultades presentadas en la comprensión de los temas "Sustancias" y "Reacciones Químicas" en alumnos ingresantes a la Universidad Nacional del Litoral (Santa Fe, Argentina) implementando dos estrategias didácticas diferentes durante el dictado del "Curso de Ingreso de Química". Se trabajó con dos grupos de alumnos; uno de los grupos utilizó un libro de texto, mientras que el otro trabajó con material multimedia en un aula de informática. Ambos grupos fueron evaluados al inicio y final del curso con la misma evaluación de opciones múltiples. Pudo comprobarse que el grupo que trabajó con el material multimedia alcanzó una mayor comprensión de los conceptos abstractos.

ABSTRACT

This research is focused to detect and compare difficulties presented in the comprehension of the topics "Substances" and "Chemical Reactions" in incoming pupils to the National University of the Litoral (Santa Fe, Argentina) implementing two different didactic strategies during the dictation of the "Course of Introduction to Chemistry". We worked with two groups of students; one group used a textbook, while the other worked with multimedia material in a computer classroom. Both groups were evaluated at the beginning and at the end of the course with the same multiple-choice test. It was found that the group that worked with the multimedia material had reached a major comprehension of the abstract concepts.

Palabras clave: enseñanza; sustancias químicas; reacciones químicas; multimedia

Keywords: teaching; chemical substances; chemical reactions; multimedia

INTRODUCCIÓN

En el escenario actual argentino, la problemática del ingreso a la Universidad se presenta como un desafío ineludible para las instituciones de educación superior. En este sentido, la Universidad Nacional del Litoral posee un Programa de Articulación entre la Escuela Media y la Universidad que procura superar las desigualdades que presentan los estudiantes en el acceso a la misma. Una de las acciones que desarrolla este Programa, es el Curso de Ingreso de Química para aquellos alumnos que optan por una carrera donde esta asignatura es básica.

Tradicionalmente la enseñanza de la Química en la escuela secundaria argentina se sustenta en la explicación del profesor y el uso del libro de texto que ofrece una información más estructurada y lineal, en algunos casos con pocas actividades que promuevan un aprendizaje activo y autónomo.

La Química, tiene un fundamento teórico que se ha de explicar para asegurar la correcta comprensión de los fenómenos y el comportamiento de las sustancias, siendo la teoría cinético-molecular, en este nivel importante para comprender una buena parte de ese fundamento. Para explicarlo, el profesor, en la mayoría de los casos, no cuenta más que con algunos modelos mecánicos, su imaginación y el pizarrón. Muchos de estos conceptos requieren de un importante grado de abstracción por parte de los alumnos lo que obstaculiza su comprensión (Baldero, 2004).

Para los alumnos novatos el propio sistema de representación supone una dificultad añadida, ya que en muchos casos no son capaces de distinguir entre átomos aislados y moléculas de un elemento, de relacionar la fórmula de un compuesto con el número de átomos que la forman, por lo que puede resultar útil para los profesores el recurrir a sistemas de representación más visuales que ayuden a comprender el sistema simbólico químico.

Pozo y Gómez (1998), mencionan como característica del aprendizaje la necesidad de hacer una copia más o menos fiel de la información y mantenerla en la memoria, por lo que el proceso involucrado es la repetición. Pero éste no es suficiente para aprender conceptos, ya que se adquiere un concepto cuando se es capaz de dar significado a la información, es decir, cuando se comprende. Además, destacan que algo que sucede frecuentemente en las aulas es que el docente explica conceptos que el alumno se limita a aprender como simples colecciones de datos.

La utilización de diferentes tipos de representación del conocimiento tiende a favorecer la visualización de conceptos abstractos. Por otra parte, se debe buscar que los alumnos se familiaricen con el lenguaje de la química, de manera que puedan dar significado a nuevos contenidos por asociación con otros conocimientos ya disponibles (Galagovsky y Adúriz-Bravo, 2001).

Respecto a la representación microscópica y simbólica de las sustancias, en un trabajo previo del grupo (Tiburzi *et al.*, 2009), se observó una mejor comprensión del concepto de sustancia simple y compuesta en su representación simbólica comparada con la representación microscópica.

En el proceso de enseñanza y aprendizaje que se produce en el aula muchas veces ocurre una situación paradójica, los alumnos se quejan de que la clase es poco interesante y el docente a su vez, de la falta de interés de los alumnos. En realidad se trata de un hecho único: la falta de motivación para el aprendizaje (Benitez *et al.*, 2002).

La incorporación de las "nuevas tecnologías" al proceso de enseñanza-aprendizaje permite aportar una serie de elementos de apoyo y también motivadores para el alumno quien realiza actividades interactivas, construyendo su propio conocimiento, ayudado por el rol facilitador del docente.

A partir del año 2009, con vistas a mejorar el rendimiento académico de los alumnos asistentes al curso de Química, se complementa el libro soporte "Química: conceptos fundamentales" con un CD multimedia (Odetti *et al.*, 2008a; 2008b). En el CD, además de las imágenes del libro, se agregan otras en colores y muchas de ellas

con movimientos, así como videos y animaciones que hacen hincapié en la representación microscópica con el fin de facilitar la comprensión de la teoría cinético-molecular.

Los temas que se abordan en este trabajo se encuentran incorporados en los Diseños Curriculares de la Educación Secundaria y son pilares fundamentales en el primer año de las carreras universitarias con contenidos de Química.

Los objetivos de este trabajo son detectar y comparar las dificultades en la comprensión de los temas: Sustancias y Reacciones Químicas en alumnos ingresantes a la Universidad, al implementar dos estrategias didácticas diferentes para el dictado del Curso de Ingreso de Química.

METODOLOGÍA

Se trabajó con dos grupos de alumnos del Curso de Articulación Disciplinar-Química 2009 que aspiraban ingresar a distintas carreras de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral. Su edad promedio era de 17 años y de ambos sexos. Las clases de modalidad teórico-prácticas se dictaron de manera presencial con un docente para cada grupo.

Para el grupo I Tradicional (T), 44 alumnos, se utilizó el libro para el estudio, realizando las actividades pautadas en él con escaso uso del CD multimedia. Las clases se desarrollaron en un aula normal.

El trabajo en el grupo II (CD), 35 alumnos, consistió en la realización de las actividades pautadas en el CD, indicándose a los alumnos que podían complementarlas con el libro. Se trabajó en un aula de informática con una computadora para cada alumno.

Ambos grupos realizaron, al inicio (I) y final (F) del curso, la misma evaluación sobre los temas centrales abordados. El tiempo estimado para la realización de la misma fue de 30 minutos.

Para la elaboración de la evaluación, se tuvo en cuenta además de los contenidos curriculares, las ventajas y desventajas del uso de evaluaciones de selección múltiple (Johnstone y Ambusaidi, 2000). Consistió en siete preguntas "multiple choice" cada una de ellas con cuatro opciones, entre las cuales debían elegir la respuesta correcta, a los efectos de reducir las posibilidades de acierto azaroso por parte de los alumnos. Los enunciados de las preguntas fueron tomados de un trabajo validado (Miguez *et al.*, 2008) y se tuvo en cuenta el tipo de actividades desarrolladas en el aula.

La pregunta 3 refiere al tema Sustancias y, la 2 y 7, a Reacciones Químicas. Los ítems de cada pregunta fueron los siguientes:

Pregunta N° 3: **Sustancias**

Teniendo en cuenta los enlaces que presentan las siguientes sustancias: cloruro de sodio (NaCl) y cloro (Cl₂), se plantean las siguientes afirmaciones:

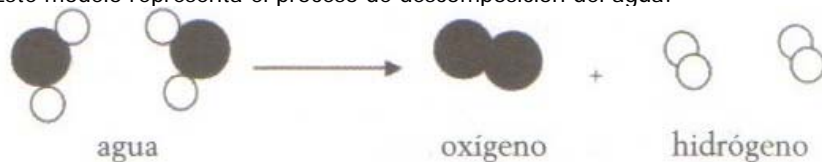
- I. El cloruro de sodio es una sustancia iónica
- II. El cloro es una sustancia polar
- III. Ambas son buenas conductoras de la corriente eléctrica
- IV. El cloro presenta menor punto de fusión que el cloruro de sodio

Las únicas afirmaciones correctas son:

- A. I y IV
- B. III y IV
- C. I y II
- D. II y IV

Pregunta N° 2: Reacciones Químicas

Este modelo representa el proceso de descomposición del agua:



Se plantean las siguientes afirmaciones:

- I. La masa se conserva en el proceso
- II. Las moléculas se conservan en el proceso
- III. Los átomos se conservan en el proceso
- IV. Si se descomponen dos moles de agua se producen dos moles de oxígeno

Las únicas afirmaciones correctas son:

- A. I y II
- B. I y III
- C. I, III y IV
- D. II, III y IV

Pregunta N° 7: Reacciones Químicas

Dada la reacción $\text{N}_2(\text{g}) + 3\text{H}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{NH}_3(\text{g})$; para que reaccionen 56 g de dinitrógeno serán necesarios:

- A. 6 g de H_2
- B. 12 g de H_2
- C. 18 g de H_2
- D. 3 g de H_2

Datos: masa atómica N= 14 u.m.a.
masa atómica H= 1 u.m.a.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos para cada una de las tres preguntas anteriormente citadas. Posteriormente se analizan las probables causas por las cuales los estudiantes pueden haber respondido erróneamente.

Las respuestas a cada una de las preguntas de la evaluación se categorizaron como correcta (RC), incorrecta (RI) y no contesta (NC) diferenciándose los dos grupos según cada estrategia didáctica empleada, modo Tradicional y con CD multimedia. Se informan los resultados hallados en la evaluación aplicada al inicio y final del curso.

Pregunta 3

Los resultados evidencian (Figura 1) que hay gran diferencia de conocimientos sobre el tema Tipos de Sustancias (Iónica-Molecular) en ambos grupos inicialmente y hacia el final se igualan.

El distractor más frecuente, al inicio y final, para ambos grupos es la opción C: 15,9% en T I, 28,6% en CD I (mucho mayor % en este grupo ya que es igual a la opción A correcta), 35,7% en T F y 33,3% en CD F. En ambos grupos se incrementa el % de RI opción C respecto al inicial. El siguiente distractor es D en ambos grupos T I (9,1%) y CD I (20%), dicho % disminuye a la mitad hacia el final del curso.

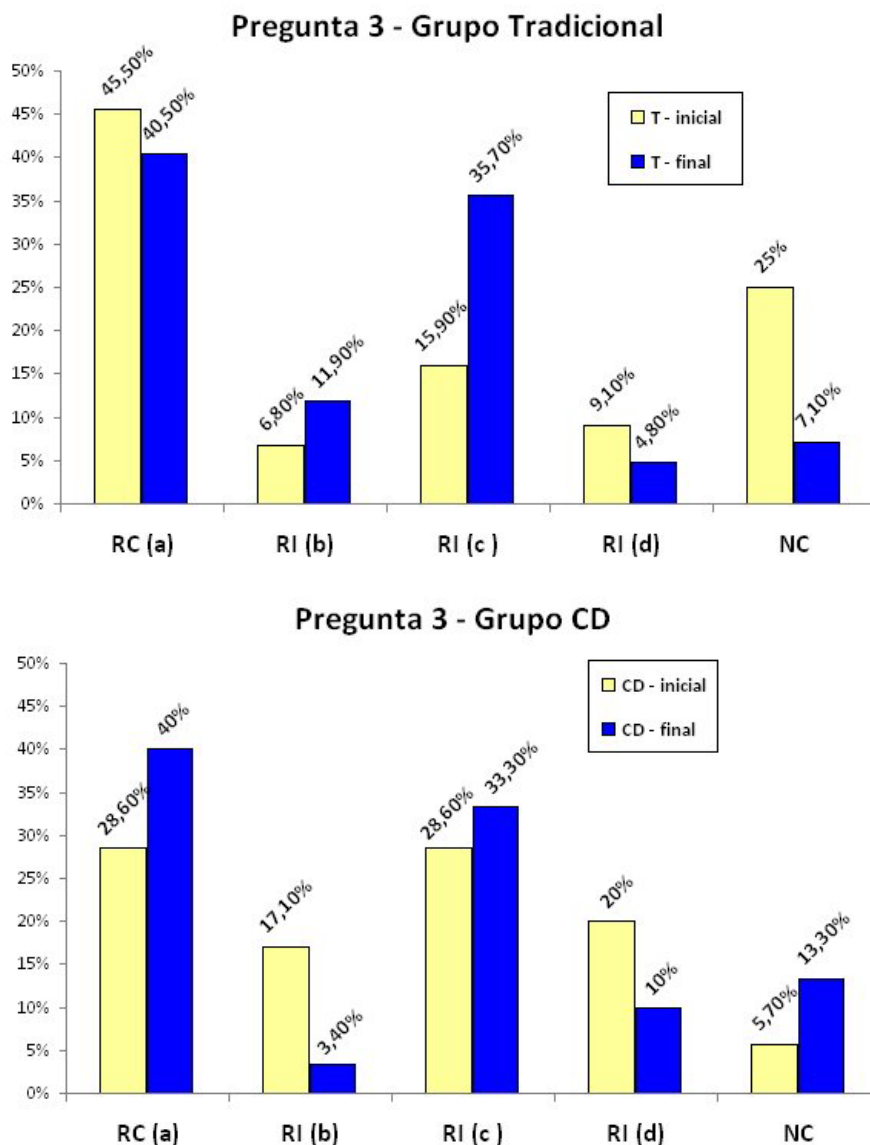


Fig. 1: Gráficos comparativos del porcentaje de categorización de respuestas inicial y final para la Pregunta 3 del Grupo Tradicional y Grupo CD.

Es notorio el alto % de NC en T I (25%) que luego disminuye considerablemente (tres veces) en T F comparado con el grupo CD I que es bajo (5,7%), pero luego aumenta duplicando el valor hacia el final.

Análisis del grupo Tradicional: El análisis de las RC en el grupo T representa una problemática (como docentes), dado que se observa una disminución en los porcentajes.

Si se analizan los porcentajes de R I, en ambos grupos observando un aumento en la opción C y en el grupo T aumento en la opción B. Se coincide con Riboldi *et al.* (2004), en cuanto a que se podría especular que la causa de estas respuestas reside en una comprensión deficiente del enlace covalente y de las características de las sustancias unidas por este tipo de enlace. De todos modos, pese a que el enlace iónico parece ser mejor comprendido que el enlace covalente, no hay una interpretación correcta de la estructura de las sustancias iónicas ni de las razones que conducen a la formación de compuestos estables.

En acuerdo con De Posada (1999), que revisa las concepciones de alumnos de entre 15 a 18 años encuentra que: los alumnos aceptan la idea que algunas sustancias gaseosas son moleculares, pero no es bien comprendida la naturaleza de la unión como así tampoco la naturaleza del enlace covalente. Según este autor, una explicación podría encontrarse en la forma en que es impartido por los textos y presumiblemente en las explicaciones de los profesores en clase. Además, hay que añadir la tendencia habitual detectada en algunos alumnos de rehuir el aprendizaje significativo, ya que prefieren reglas más o menos simples de aplicación directa sin el adecuado conocimiento de las mismas.

Las respuestas C (ítem I) y D (ítem IV), incluyen a la opción correcta (sustancia iónica) pero con la misma incorrecta sobre polaridad de enlace (cloro es sustancia polar). Esto revela problemas en la comprensión del concepto y mayores dificultades en reconocimiento de sustancia molecular. Similares resultados encontraron Landa y Medina (2006), en su estudio sobre preconcepciones del enlace químico en estudiantes del nivel medio superior de México, donde expresan que: 65% saben de memoria el concepto de enlace iónico y 79% el de enlace covalente; 44% no distinguió entre enlace iónico y covalente; 39% desconoce entre que átomos es más factible la formación del enlace covalente y 36% relaciona la polaridad de las moléculas con la solubilidad.

Análisis del grupo CD: En este grupo las RC aumentaron considerablemente. En grupo CD I se encuentra el menor % de RC: 28,6 %, este hallazgo puede ser simplemente azaroso ya que depende de las características de los alumnos que conforman cada grupo.

También se observa, coincidentemente con el grupo T, un aumento en el % de R I en la opción C y disminución en D. Tal como lo expresa Boo (1998), en su trabajo, donde menciona las grandes dificultades que encuentran los estudiantes de química de 17 años de edad para distinguir entre los diferentes tipos de enlaces. También Peterson y Treagust (1989), evaluaron los conocimientos académicos de alumnos de 16 y 17 años de edad sobre el enlace covalente y su estructura y algunos de los errores conceptuales encontrados fueron: el 23% de los alumnos no consideraba la influencia de la electronegatividad y la desigual compartición del par de electrones en el enlace polar; el 27% ve, en la polaridad, un factor que influye en la geometría de moléculas; un 23% confunde fuerzas intermoleculares con fuerzas dentro de las moléculas y un 33% consideró como fuerzas intermoleculares las existentes dentro de una red covalente.

Pregunta 2

Se puede observar en la Figura 2, con respecto a la evaluación inicial, que de las respuestas incorrectas (RI) en el grupo Tradicional, el distractor más frecuente es el C (29,5%); para el grupo CD son: A (31,4%) y D (25,7%).

La respuesta C incluye a la opción correcta pero con una relación estequiométrica incorrecta. Este tipo de cálculo sencillo se entendió que debería ser resuelto sin mayores dificultades por los estudiantes que ingresan. Su elección podría revelar problemas en la comprensión del concepto de mol y/o en la diferenciación entre átomo y sustancia simple.

En la evaluación final, el distractor más frecuente para el grupo T, es A (31 %) y para el grupo CD, A y D (26,7%).

Análisis de los resultados del grupo Tradicional: Nuevamente puede observarse que el porcentaje de RC en el grupo T ha disminuido luego de la instrucción. En paralelo los porcentajes de RI aumentan en la consigna A. Esto podría indicar una correcta interpretación de la Ley de Lavoisier, pero no así el cambio químico a través de la formación de nuevas sustancias. Esto sugiere que no se interpreta el cambio, la ocurrencia de una reacción química o formación de nuevas sustancias.

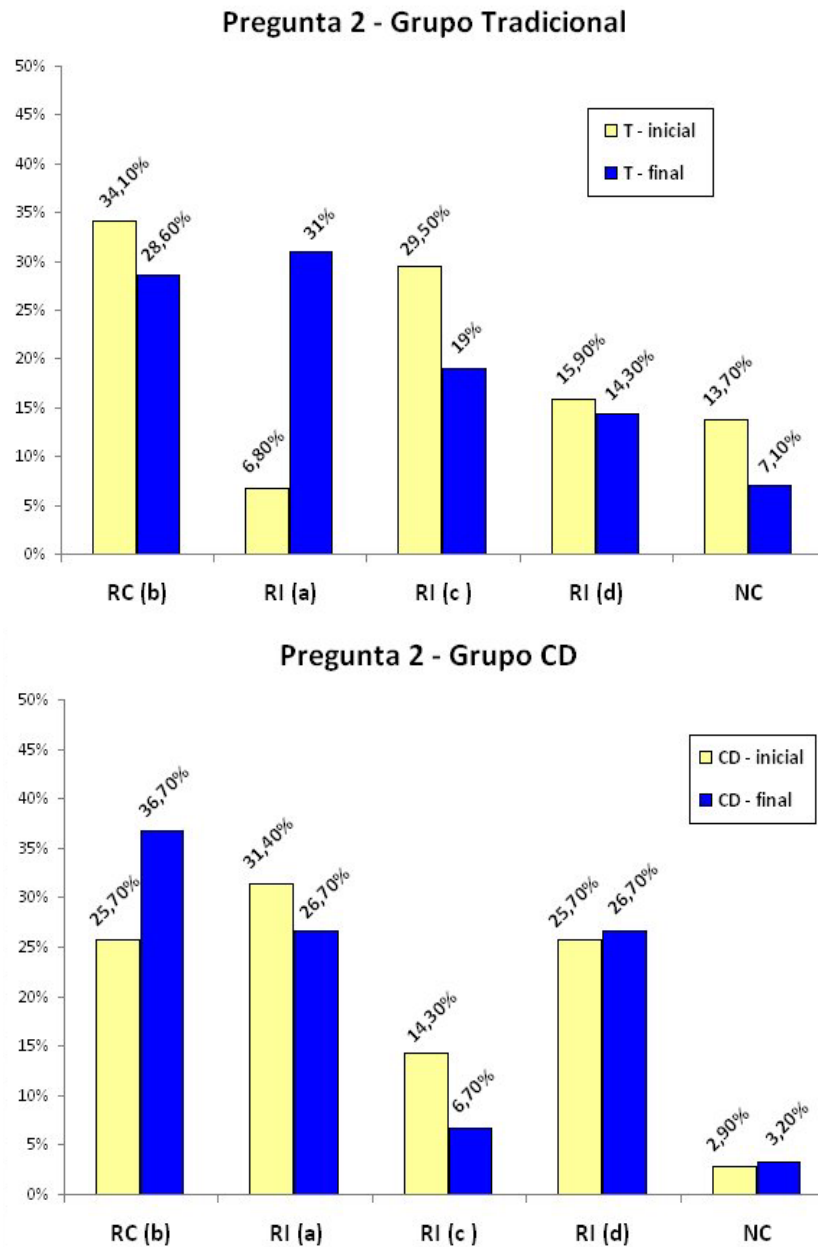


Fig. 2: Gráficos comparativos del porcentaje de categorización de respuestas inicial y final para la Pregunta 2 del Grupo Tradicional y Grupo CD.

Si se consideran las respuestas de los alumnos que marcaron las consignas A + C, que incluyen el ítem I (correcto), podemos inferir que los mismos interpretan el principio de conservación de la masa.

Análisis de los resultados del grupo CD: Para los que trabajaron con el CD las RC aumentaron, notándose una disminución de las consignas incorrectas A y C, manteniéndose prácticamente igual la D. Esto indicaría que los alumnos interpretan la Ley de Conservación de la masa y carga, pero persisten conceptos equívocos en cuanto a relación estequiométrica.

Pregunta 7

Análisis de los resultados para ambos grupos: En ambos grupos se observa (Figura 3): a) un aumento de las RC por lo cual puede inferirse que los alumnos, en estos ejemplos, pudieron establecer correctamente las relaciones estequiométricas posiblemente porque lo solicitado es un cálculo numérico; b) un elevado porcentaje de alumnos que no responden a la pregunta, y en mayor medida para el grupo T en la evaluación inicial, siendo notable la disminución de los que no contestan en la evaluación final, y c) en cuanto a las respuestas incorrectas: en el grupo tradicional, el distractor más frecuente fue el C y en el grupo CD, el A.

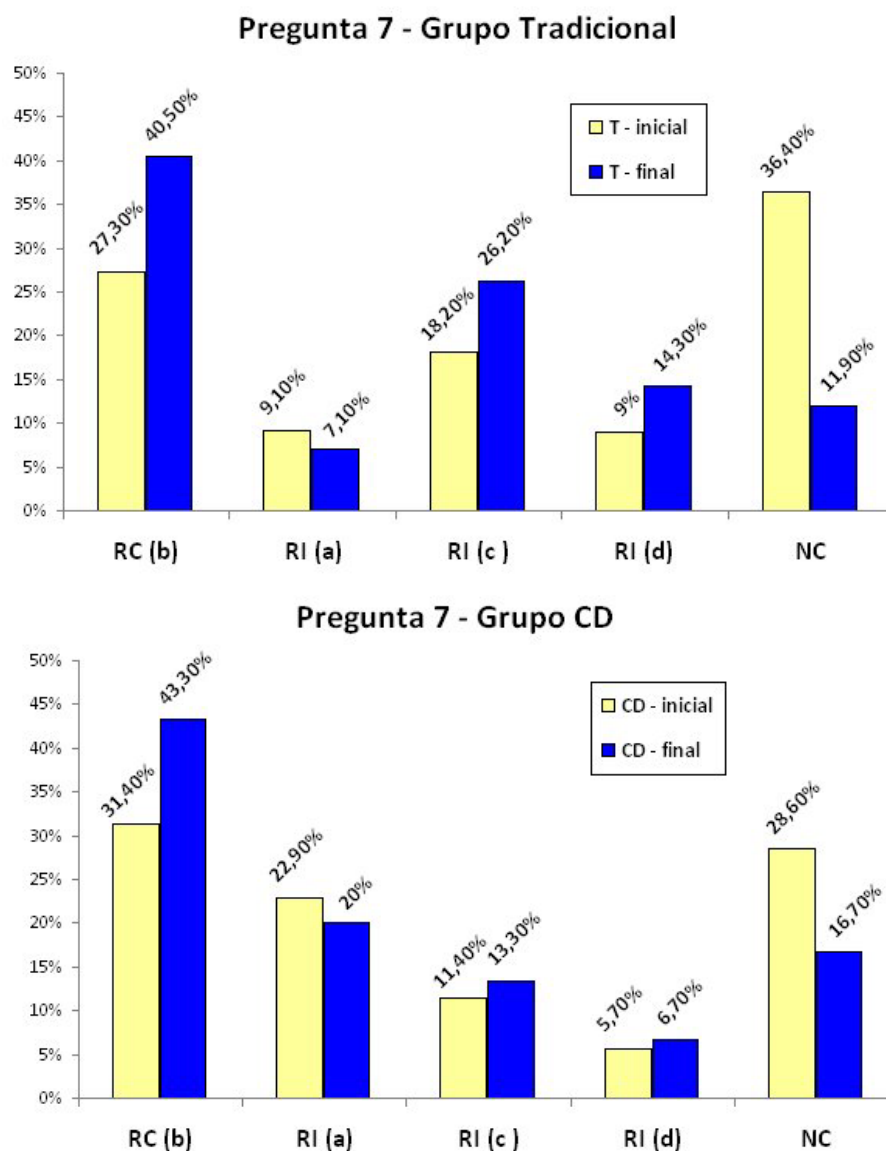


Fig. 3: Gráficos comparativos del porcentaje de categorización de respuestas inicial y final para la Pregunta 7 del Grupo Tradicional y Grupo CD.

Los resultados hallados en las preguntas 2 y 7, coinciden con lo planteado por Ben-Zvi *et al.* (1987) y Hesse y Andreson (1982), quienes han descrito las dificultades encontradas en los alumnos al representar una reacción química y la escasa movilidad entre los diferentes niveles de representación de la materia. Si bien muchas de

AVANCES EN CIENCIAS E INGENIERÍA (ISSN: 0718-8706) 104

estas dificultades pueden atribuirse a la falta de entrenamiento de los alumnos en el reconocimiento y planteo de los diferentes modos de representación, especialmente en el nivel microscópico y el establecimiento de relaciones entre ellos, ponen de manifiesto deficiencias conceptuales.

Gabel y Sherwood (1984) y Staver y Lumpe (1995), han estudiado cómo la comprensión del concepto de mol incidía en la resolución de problemas de estequiometría. Entre los impedimentos se puede citar: insuficiente comprensión del concepto de mol, diferenciación entre átomos y moléculas, incapacidad para transferir significados entre los niveles macro y micro al resolver los problemas, utilización de algoritmos, reglas u otra información memorizada. Por otra parte, Duncan y Johnstone (1973) detectaron dificultades en los estudiantes cuando la proporción estequiométrica en una reacción no es 1:1. Resultados similares se encontraron en alumnos ingresantes a distintas carreras de la Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral (Tiburzi *et al.*, 2007).

CONCLUSIONES

Cada una de las estrategias didácticas empleadas favorece aprendizajes diferentes. Su aplicación en el curso de ingreso 2009 permite afirmar que el material multimedia favorece el aprendizaje de conceptos más abstractos, permitiendo la movilidad entre los tres modelos de representación empleados en la enseñanza de la química.

El cambio conceptual es algo solo factible de alcanzar en el mediano plazo, repitiendo los conceptos pausadamente en los otros niveles de la enseñanza, sobre todo los microscópicos (Trinidad-Velasco y Garritz, 2003). Cabe destacar que en la revisión realizada por los autores antes mencionados concluyen acerca de la necesidad de emplear imágenes de las interacciones atómicas y moleculares u otro tipo de representaciones analógicas para mejorar el aprendizaje de la estructura corpuscular de la materia.

El desarrollo de actividades multimedia brinda a los alumnos herramientas, a través de las cuales puede familiarizarse con conceptos, hacer cálculos y obtener tablas y gráficas, esto supone avanzar en el autoaprendizaje, trabajando individualmente o en pequeños grupos (Baldero, 2004). Permite además, el aprendizaje fuera de la clase, de forma autónoma, en horario no lectivo.

Es importante destacar que el desarrollo de estos materiales con el uso de las nuevas tecnologías no pretende reemplazar al libro, ni las clases presenciales, sino que se busca la complementariedad entre ellos.

Los alumnos comprenden mejor algunos temas como sustancias simples y compuestas o diferencias entre sustancias compuestas y mezclas y características de los estados de agregación.

Si bien los temas evaluados en este trabajo, Sustancias y Reacciones Químicas, se encuentran incorporados en los Diseños Curriculares de la Educación Secundaria de la Provincia de Santa Fe (Argentina), los alumnos presentan serias dificultades a la hora de responder a los ítems que abordan estos contenidos. Un porcentaje significativo de alumnos responde de manera azarosa, asociando el enunciado de las preguntas con las opciones propuestas en ellas. Es sabido que el examen de selección múltiple sin justificación conlleva a este tipo de inconveniente, dado que el estudiante no puede explicar por qué eligió una determinada respuesta.

Las respuestas incorrectas pueden relacionarse con una estructura cognitiva donde los conceptos no están fuertemente conectados entre sí y donde no hay una adecuada generalización de los nuevos conocimientos incorporados por el alumno. Posiblemente también se puede vincular tal hecho con la persistencia, en los alumnos, del aprendizaje memorístico.

En función de los resultados obtenidos, se promovió un cambio en los Cursos de Ingreso de la Universidad Nacional del Litoral donde, a partir del año 2011, se duplicó la carga horaria presencial, con el consiguiente aumento de actividades del libro y CD desarrollados en clase, y se agregaron horarios de tutoría.

REFERENCIAS

- Baldero, J.L. (2004); *Modelos de ordenador para entender la química*. Ponencia en el coloquio "Aulas con Software 2004". Madrid. España. <http://www.xtec.es/~jdiez>
- Benitez, M.E.; Jiménez, M.C.; Osicka, R.M.; Moro, L.A. (2002). *¿Es necesario motivar el aprendizaje en la universidad? Una experiencia en Química Analítica General*. Universidad Nacional del Noreste. Argentina. Facultad de Agroindustrias. Cátedra de Química Analítica General. Extraído el 20 de octubre de 2010 desde <http://www.unne.edu.ar/cyt/2002/09-Educacion/D-023.pdf>
- Ben-Zvi, R.; Eylon, B.; Silberstein, J. (1987); *Students' visualisation of a chemical reaction*. Education in Chemistry: 24(4), 117-120.
- Boo, H.K. (1998); *Students' understanding of chemical bonds and the energetics of chemical reactions*. Journal of Research in Science Teaching: 35(5), 569-581.
- De Posada, J.M. (1999); *Concepciones de los alumnos sobre el enlace químico antes, durante y después de la enseñanza formal. Problemas de aprendizaje*. Enseñanza de las Ciencias: 17(2), 227-245.
- Duncan, J.; Johnstone, A.H. (1973); *The mole concept*. Education in Chemistry: 10, 213-214.
- Gabel, D.; Sherwood, R.D. (1984); *Analyzing difficulties with mole-concept task by using familiar analog tasks*. Journal of research in science teaching: 21(8), 843-851.
- Galagovsky, L.; Adúriz-Bravo, A. (2001); *Modelos y analogías en la enseñanza de las ciencias naturales. El concepto de modelo didáctico analógico*. Enseñanza de las Ciencias: 19(2), 231-242.
- Hesse, J.; Andreson, C. (1992); *Students' Conceptions of Chemical Change*. Journal of Research in Science Teaching: 29(3), 277-299.
- Johnstone, A.; Ambusaidi, A. (2000); *Fixed response: what are we testing?* Chemistry Education: research and practice in Europe: 1(3), 323-328.
- Landa Zamora, B.R.; Medina Fernández, H. (2006); *Preconceptos del enlace químico en estudiantes del nivel medio superior, del Instituto Politécnico Nacional*. Educación en la Química: 12(3), 125-130.
- Míguez, M.; Loureiro, S.; Otegui, X. (2008); *Conocimientos de Química y perfil motivacional: diagnóstico al ingreso a la Facultad de Ingeniería*. Educación Química: 19(2), 133-141.
- Odetti, H.; Güemes, R.; Nosedá, J.; Alsina, D.; Cagnola, E. (2008a). *Química: Conceptos Fundamentales*. Ediciones UNL. Santa Fe. Argentina. 216 p.
- Odetti, H.; Güemes, R.; Nosedá, J.; Alsina, D.; Cagnola, E.; Roldán, V. (2008b). *CD Química: Conceptos Fundamentales*. Ediciones UNL. Santa Fe. Argentina.
- Peterson, R.F.; Treagust, D.F. (1989); *Grade-12 student's misconceptions of covalent bonding and structure*. Journal of Chemical Education: 66(6), 459-460.
- Pozo Municio, J.I.; Gómez Crespo, M.A. (1998); *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid, Morata. 332 p.

Riboldi, L.; Pliego, O.; Odetti, H. (2004); *El enlace químico: una conceptualización poco comprendida*. Enseñanza de las Ciencias: 22(2), 195-212.

Staver, J.R.; Lumpe, A.T. (1995); *Two Investigations of students understanding of the mole concept and its use in problem solving*. Journal of Research in Science Teaching: 32(2), 177-193.

Tiburzi, M.; Pacífico, A.; Mondino, A.; Odetti, H. (2007); *Análisis de respuestas sobre el tema disoluciones, estructura atómica y estequiometría en el Programa de Ingreso – Química – a la Universidad Nacional del Litoral*. Educación en la Química: 13(1), 3-8.

Tiburzi, M.; Güemes, R.; Mondino, A.; Odetti, H. (2009); *La representación microscópica y simbólica de las sustancias como herramientas que favorecen el aprendizaje conceptual*. Revista Chilena de Educación Científica: 8(1), 3-8.

Trinidad-Velasco, R.; Garriz, A. (2003); *Revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes de secundaria sobre la estructura de la materia*. Educación Química: 14(2), 72-85.

