

Enseñanza del Enlace Químico desde una Perspectiva Situación-Problema

Lucas dos Santos-Fernandes y Angela Fernandes-Campos*

Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Química, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, Recife-Brasil (e-mail: luckfernandez@hotmail.com; afernandescampos@gmail.com)

* Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Jun. 30, 2014; Aceptado Ago. 27, 2014; Versión final recibida Oct. 20, 2014

Resumen

Este estudio analiza la contribución de una situación-problema vinculada a instrumentos didácticos para la enseñanza de los conceptos de enlace iónico y enlace metálico. Participaron estudiantes de química de la carrera de Licenciatura en Química de la Universidad Federal Rural de Pernambuco en Brasil. La metodología incluyó: i) elaboración de una situación-problema; ii) intervención didáctica que hizo uso de clases teóricas, simulación, vídeos e hipermedia; y iii) confección manual de retículos cristalinos con uso de bolas de poliestireno y mondadientes. Los resultados mostraron que los estudiantes fueron capaces de identificar la naturaleza electrostática de los enlaces químicos, clasificaron correctamente el tipo de enlace químico y representaron como se esperaba las estructuras cristalinas de compuestos iónicos y metálicos. Sin embargo, se identificaron algunas concepciones alternativas, por ejemplo, la asociación de un enlace fuerte a los compuestos iónicos en comparación con las sustancias metálicas.

Palabras clave: enseñanza, enlace metálico, enlace iónico, situación-problema, aprendizaje.

The Teaching of Chemical Bonding using a Problem-Situation Approach

Abstract

This study analyses the contribution of a problem-situation approach linked to teaching tools for the teaching of the concepts of ionic bonding and metallic bonding. Students of chemistry of the Federal Rural University of Pernambuco in Brazil participated in the study. The methodology involved: i) developing a problem-situation; ii) a didactic intervention that made use of theoretical classes, simulations, videos and hypermedia; and iii) manual preparation of crystal lattices with use of styrofoam balls and toothpicks. The results showed that the students were able to identify the electrostatic nature of the chemical bonds, correctly classified the type of chemical bond and represented the crystal structures of ionic and metallic compounds, as expected. However some alternative conceptions were identified. For example, the association of the strong bond to the ionic compounds compared to metallic substances.

Keywords: teaching; metallic bonding; ionic bonding, problem situation; learning

INTRODUCCIÓN

Los conocimientos sobre el enlace químico son importantes para la comprensión de las propiedades físicas y químicas de las sustancias. Conceptos relacionados con este contenido en la química están asociados a fenómenos y procesos diversos, tales como: las reacciones químicas dentro del cuerpo humano, la dureza de las sustancias y la conductividad eléctrica de distintos materiales (Fernandes et al., 2010). Además de esto, podemos desarrollar otros contenidos a partir de estos conceptos: entalpía de enlace, reacciones químicas, equilibrio químico, cinética química, estructuras de resonancia, mecanismos de reacción, etc. Sin embargo, hay estudios que denotan un gran número de concepciones alternativas en los estudiantes sobre enlace químico (Özmen, 2004; Coll y Taylor, 2001; De Posada, 1999; Riboldi, et al., 2004) en los diferentes niveles educativos. Según Fernández y Marcondes (2006), las principales dificultades implican: (i)-confusión entre enlace iónico y covalente; conceptos antropomórficos acerca de los átomos; (iii)- uso de la regla del octeto indiscriminadamente como principio explicativo para la formación de los enlaces químicos; (iv)- ideas equivocadas sobre geometría molecular y concepto de polaridad; (v)-conceptos erróneos sobre las energías asociadas a la destrucción o la formación de enlaces químicos; (vi)-representaciones inadecuadas de los enlaces químicos;

Además de estas dificultades, también se revela la incapacidad de relacionar estos conceptos con los tres niveles de conocimiento químico, representacional, macroscópico y microscópico (Nicoll, 2001; Fernandes, et al., 2010). Según Boo (1998), las concepciones alternativas consisten en ideas que están en desacuerdo con lo que actualmente se acepta en la comunidad científica. Estas barreras, una vez identificadas por el profesor, abren posibilidades para el desarrollo de estrategias de enseñanza que las superen. En este sentido, este estudio pretende evaluar la efectividad de una estrategia didáctica basada en la enseñanza mediante la resolución de las situaciones-problemas. Algunas investigaciones narran el éxito de este enfoque en la enseñanza de las Ciencias (Silveira, 2011; Carneiro y Dal Farra, 2011; Latasa, et al., 2012; Lorenzo, et al., 2011) y, particularmente, en la enseñanza de la química (Lacerda, et al., 2012, Simões Neto, et al., 2013; Vega, et al., 2014). Por esta razón hemos adoptado esta estrategia en la enseñanza del enlace químico.

Asumimos la definición de Meirieu (1998) sobre la situación problema: *es una situación didáctica en la que se propone al sujeto una tarea que no pueda lograrse sin efectuar un aprendizaje preciso. Y este aprendizaje, que constituye el verdadero objetivo de la situación-problema, se va a producir al superar los obstáculos en la realización de la tarea.* El obstáculo a superar puede ser la elaboración de un concepto, la articulación entre conceptos o la socialización del trabajo, etc. Por lo tanto, todos los esfuerzos en la enseñanza mediante el planteamiento de situaciones-problemas se basan en organizar sistemáticamente la interacción entre el problema y respuestas, de forma que el aprendizaje se produzca durante la resolución del mismo. En este sentido, el reto de la escuela y cursos de capacitación docente en las universidades consiste en garantizar la superación del modelo tradicional de enseñanza (transmisión-recepción), en que los alumnos absorben enormes cantidades de información que almacenan y entregan de la misma manera en la que ha sido transmitida por el profesor (Schnetzler, 2004).

Esta superación no es una tarea fácil, porque demanda del profesor la capacidad de organizar y dirigir situaciones de aprendizaje desde una perspectiva constructivista que tenga en cuenta características, ritmos y la motivación de los estudiantes y que no sólo anime a profesores y alumnos a "correr" detrás de los temarios (Perrenoud, 2000). De acuerdo con Freitas (2002), las ideas de los profesores sobre enseñanza y aprendizaje son construidas a lo largo de los años y son frutos de su vivencia escolar, por esto, constituyen una de las razones para la resistencia a los cambios. Por esto, hay dificultades de muchos profesores en reflexionar sobre su práctica docente tradicional y direccionar sus acciones para una enseñanza distinta, contextualizada e innovadora.

Cachapuz (1999) comenta que el punto de partida para un aprendizaje significativo se puede dar planteando situaciones problema relacionadas preferentemente a contextos reales que despierten la atención del estudiante y que se inserten en la temática curricular. Por lo tanto, tratamos de cumplir los objetivos educativos en un sentido de desarrollo personal y social de los estudiantes, en el que los contenidos y los procesos no sean el fin sino en el medio que nos permite encontrar las respuestas posibles sobre temas que adquieren un significado. Varios autores (Meirieu, 1998, Pozo, 1998, Núñez y Silva, 2002 y Perrenoud, 2000) consideran que cuando el individuo se enfrenta a una situación-problema moviliza diversos recursos cognitivos entre los que se encuentran los conocimientos, actitudes y procedimientos que permiten el desarrollo de varias habilidades, tales como: las sociales, de comunicación y de procedimiento. Meirieu (1998) propone algunas pautas para ayudar al profesor en la preparación de una situación-problema. Estas son detalladas en la sección de Metodología.

METODOLOGÍA

Preparación de la situación-problema

Participaron en esta investigación veintiún estudiantes regularmente matriculados en una clase del primer ciclo del curso nocturno en Licenciatura Química (CLQ) de la Universidad Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) que asistieron a la disciplina introductoria de la química. Meirieu (1998) propone algunas pautas al profesor para ayudarlo en la preparación de una SP. Las características centrales de estas directrices se desglosan a continuación: i)- Proponemos a los sujetos una tarea; ii)-la tarea sólo podrá realizarse si se supera el obstáculo; iii)-la superación del obstáculo debe representar un hito en el desarrollo cognitivo del sujeto; iv)-el obstáculo debe ser el verdadero objeto de elección por parte del educador; v)-la tarea debe presentar un sistema de restricciones para los sujetos no ejecuten la tarea sin tener que enfrentar los obstáculos; vi)-debe entregarse a los sujetos un sistema de recursos (materiales e instrucciones) que les permitan superar el obstáculo. Por lo tanto, en el proceso de elaboración de la SP y la planificación de la intervención didáctica se han considerado: la relación del enlace químico con la vida cotidiana del alumno; las propiedades macroscópicas y microscópicas de las sustancias químicas y sus relaciones; la contradicción intelectual causada por la situación-problema en el estudiante; el nivel de complejidad de la situación-problema; la motivación de los estudiantes; la movilización de recursos cognitivos por parte de los estudiantes y la toma de decisiones como un medio de responder a la SP elaborada y aplicada a los estudiantes, en la forma que se describe a continuación:

"Los jarrones son objetos comunes presentes en la decoración de los ambientes de una casa. Pueden estar hechos de diversos materiales: vidrio, yeso, barro, plata, porcelana, etc. Supongamos que en una casa hay dos jarrones idénticos, uno de plata y otro de yeso y que los dos caen de un estante. Cuando cae al piso, el florero de yeso se rompe en pedazos mientras el de plata sólo se deforma. ¿Porque es tan diferente el comportamiento de los jarrones? ¿Cómo se representaría la estructura microscópica de los enlaces presentes en las sustancias constituyentes de estas jarras?" En la tabla 1 se presentan las actividades realizadas basándose en las directrices Meirieu (1998).

Tabla 1. Actividades desarrolladas con los estudiantes siguiendo las directrices de Meirieu (1998).

<i>Indicación de Meirieu</i>	<i>Actividades desarrolladas</i>
1. ¿Cuál es mi objetivo? ¿Qué quiero hacer con el alumno para que aprenda y que suponga para él un nivel de progreso importante?	Clasificación de tipos de enlace químico, representación de la estructura interna de los sólidos iónicos y metálicos y su relación con las propiedades de las sustancias iónicas y metálicas.
2. ¿Qué tareas puedo proponer que requieran, que requieran la superación los objetivos para ser realizadas? (comunicación, reconstitución, enigma, ajuste, resolución, etc.)?	Construcción de las estructuras cristalinas de sólidos cúbicos, centrado en las caras, cúbico centrado en el cuerpo y hexagonal compacto utilizando palillos y bolas de espuma de poliestireno.
3. ¿Qué dispositivo debo instalar para que la actividad mental permita, al realizar la tarea, acceder al objetivo? ¿Qué materiales, documentos, instrumentos debería reunir?	Presentación de videos sobre la conducción eléctrica y térmica de sustancias seleccionadas, asistir a hipermedia sobre la energía implicada en la formación de un enlace químico y visualización de una simulación por ordenador e hipermedia elaborada con figuras de las estructuras cristalinas cúbica centrada en las caras, cúbico centrado en el cuerpo y hexagonal compacto.
4. ¿Qué actividades puedo proponer que permitan negociar el dispositivo según varias estrategias? ¿Cómo cambiamos los instrumentos, procedimientos, niveles de dirección, tipos de reagrupación?	Actividades docentes dirigidas por la profesora con constantes discusiones relativas al tema, interacciones entre alumnos y entre el profesor y los estudiantes. Actividades de grupo.

La tarea de los estudiantes en la intervención didáctica sería solucionar correctamente la situación-problema de acuerdo con los conocimientos aceptados por la comunidad científica sobre los enlaces químicos. El obstáculo presente en la SP consiste en la comprensión adecuada de la relación entre los niveles fenomenológico, teórico y representacional del conocimiento químico referente a las ligaciones químicas. Tsapalis (1997) apunta que esa desconexión entre los niveles de conocimiento químico es una de las principales causas de los déficits conceptuales de los estudiantes sobre temas abstractos de la Química, como es el caso de los enlaces químicos. En la SP elaborada, los estudiantes necesitaban relacionar las propiedades macroscópicas (nivel fenomenológico) exhibidas en los vídeos con las representaciones estructurales de los retículos cristalinos. El enunciado se presenta como motivador para los estudiantes, visto que refleja una situación real que puede ser explicada de acuerdo con los conocimientos científicos sobre las ligaciones químicas vivenciados en el aula.

Intervención didáctica

La intervención didáctica se llevó a cabo en tres clases de 100 min. Inicialmente, los estudiantes en grupos (05) entran en contacto con la SP. Al principio se muestran confusos y plantean algunas hipótesis. Luego, discuten sobre los aspectos energéticos implicados en la formación de un enlace químico, valiéndose de un hipermedia, Silveira et al. (2004), (Figura 1A). Este material simula la aproximación de dos átomos, en esa situación, el gráfico muestra una disminución de energía hasta una distancia de equilibrio (formación de ligación). Prosiguiendo en la aproximación de los átomos, la energía del sistema crece. En ese punto, se discute que, debido a las fuerzas repulsivas entre los átomos, el sistema se vuelve inestable energéticamente y desfavorable a la formación del enlace. Inmediatamente después, discuten sobre las propiedades macroscópicas y microscópicas de sustancias. En ese momento, utilizamos dos videos: uno sobre la conductividad eléctrica (Ponto Ciência) (Figura 1B) y otro sobre la conductividad térmica de los metales (Ponto Ciência) (Figura 1C). En el vídeo sobre conductividad eléctrica (Figura 1B) fue discutido, por medio de un pequeño circuito eléctrico, la conductividad eléctrica de las siguientes sustancias químicas en medio acuoso: (i) azúcar (sacarosa, $C_{12}H_{22}O_{11}$); (ii) sal - clorato de sodio ($NaCl$); (iii) base - amonio (NH_3); (iv) ácido - ácido clorhídrico (HCl). En los ítems (ii-iv) la mini-lámpara del circuito enciende, dando un indicativo de conducción de corriente eléctrica, debido a la presencia de iones "libres" en la solución.

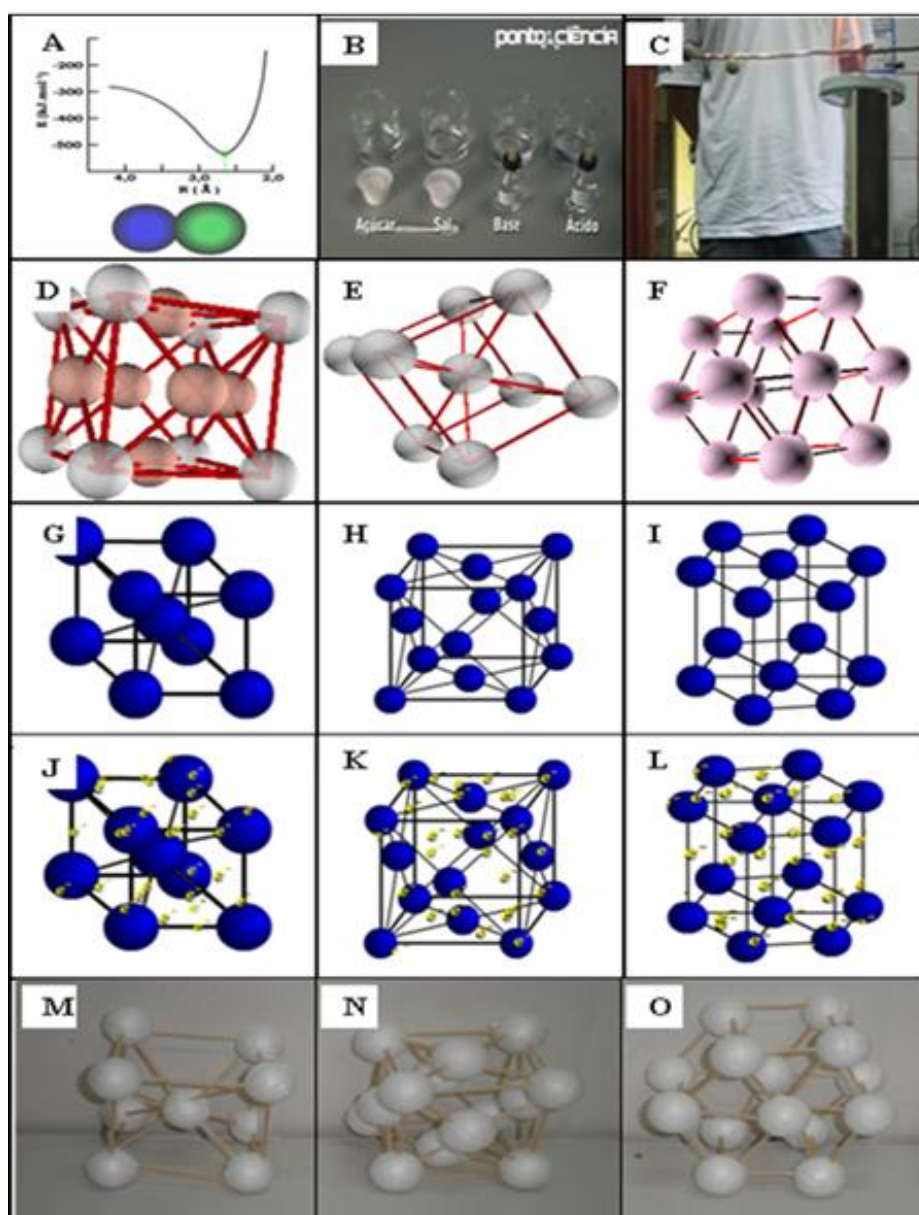


Fig. 1. Imágenes agrupadas de los recursos utilizados durante la intervención didáctica.

En la figura C, el vídeo muestra un hilo de cobre metálico con bolitas de cera. Este hilo es calentado hasta un punto en que las bolitas de cera van soltando del hilo de cobre, pues el material de cera tiene una sensibilidad muy grande al calor. Antes del inicio del vídeo, la profesora cuestionó el grupo sobre cuál bolita caería primero y dos respuestas fueron observadas: en la primera respuesta, el alumno habló que caería primero la bolita más próxima del calentamiento, pues ella estaba más próxima del fuego y la segunda respuesta hablaba que caería las tres al mismo tiempo, debido a que la conducción térmica ocurre uniformemente en todo el metal. Entonces, con la exhibición del vídeo, la profesora mostró que los metales tienen como propiedad la conducción térmica y que esta conducción ocurre debido al movimiento de los electrones en las estructuras de los metales, ocasionando el aumento de la energía cinética, ocurriendo así la transferencia del calor y que esa conducción térmica es hecha de forma gradual por todo el metal.

En la segunda clase hace el abordaje del nivel de representación de los compuestos iónicos y metales en lo referente a sus propiedades: conducción eléctrica (para compuestos iónicos) y conducción térmica (para compuestos metálicos). Además, se usa una simulación, por ordenador en la que fue posible mostrar las retículas más comunes en las que cristalizan los compuestos iónicos y metálicos (LMDM) (Fig. 1D, 1E y 1F), resaltando que en los compuestos iónicos los vértices de las retículas tienen los iones de cargas opuestas y que en los metales los vértices son cationes "rodeados" de electrones en movimiento desordenado a lo largo de la estructura cristalina (teoría de Lorentz de los electrones libres) (Mahan y Myers, 1997). También se presentó a los estudiantes un hipermedia que hemos elaborado sobre el enlace metálico. En este recurso es posible visualizar las retículas más comunes en los metales: cúbico centrado en cuerpo (CCC), cúbico centrado en las caras (CFC) hexagonal compacta (HC) Cavalcanti et al., (2013) (figuras 1 G, 1H, 1I). Cuando animamos la hipermedia pulsando el botón vemos a los electrones moviéndose por todo el retículo cristalino según la teoría de electrones libres de Lorentz (Atkins, 2006) (figuras, 1J, 1 K, 1 L). Finalmente, los estudiantes hicieron manualmente y por grupos las estructuras mostradas en la simulación por ordenador y en la hipermedia, utilizando palillos y bolas de espuma de poliestireno (Figura 1 M, 1N y 1O). En la tercera lección, los estudiantes formaron cinco (05) grupos de aproximadamente cinco componentes (05) para responder a la situación-problema preparada y al cuestionario de evaluación de la intervención didáctica, descrito a seguir: Los enlaces de los recursos didácticos computacionales (hipermedias, vídeos y simulaciones) utilizados en este estudio se encuentran en las referencias.

Elaboración del cuestionario de evaluación de la intervención didáctica

Se elaboró un cuestionario que consta de una pregunta disertativa en la que los estudiantes deben expresar su opinión sobre las actividades desarrolladas y otra pregunta en la cual los estudiantes deben dar una puntuación de cero a cinco a su participación en las actividades en cuatro asuntos: participación, interés, motivación y aprendizaje. Las preguntas son: (i) En qué forma han contribuido al aprendizaje del enlace químico las actividades de presentación de los videos (conducción eléctrica y térmica), construcción de las estructuras cristalinas cúbica centrada en la cara, cúbico centrado en el cuerpo y hexagonal compacto usando bolas de espuma de poliestireno y palillos de dientes y el planteamiento de la situación-problema? ¿Qué dificultades ha experimentado? ¿Recomendarías esta metodología para grupos de alumnos futuros de Química LI? ¿Por qué? (ii) Valore de 0 a 5, cada uno de estos ítems: participación, interés, motivación y aprendizaje, en relación a su participación en las actividades, vídeos de presentación, construcción de estructuras CFC, CCC y HC con palillos de dientes y bolas de espuma de poliestireno y SP.

Análisis de las respuestas de los grupos a la situación-problema

Para evaluar las respuestas de los alumnos en relación con el SP, se adoptaron los criterios mostrados en la tabla 2 clasificados según el tipo de respuesta: satisfactoria, parcialmente satisfactoria e insatisfactoria

Tabla 2. Criterios adoptados en la evaluación de la SP.

<i>Tipo de respuesta</i>	<i>Respuesta satisfactoria (RS)</i>	<i>Parcialmente satisfactoria respuesta (RPS)</i>	<i>Respuesta insatisfactoria (RI)</i>
Crterios	Aquellos en los que los alumnos clasifican correctamente los enlaces químicos en el yeso y la plata, que hayan deducido correctamente la estructura interna de estos materiales y hayan explicado la maleabilidad de la plata y la fragilidad del yeso.	Aquellos en los que los alumnos clasifican correctamente enlaces químicos presentes en yeso y plata, hayan deducido correctamente la estructura interna de estos materiales, pero no hayan explicado la maleabilidad de la plata y la fragilidad del yeso.	Aquellos en los que los alumnos no clasifican correctamente enlaces químicos presentes en yeso y plata, y no hayan explicado la maleabilidad de la plata y la fragilidad del yeso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las respuestas de los grupos a la SP

Las respuestas de los alumnos a la situación-problema demuestran que los grupos entendieron la naturaleza electrostática del enlace iónico y metálico, ya que representaron correctamente las estructuras cristalinas de la SP explicando en sus dibujos, como era de esperar, los enrejados cristalinos del yeso (sulfato de calcio) y la plata. Se transcribe una respuesta satisfactoria de un grupo a la situación-problema: *"Basándonos en las características de un enlace iónico, y sabiendo que los cationes y aniones están dispuestos alternativamente cuando la estructura sufre el impacto, la estructura se desorganiza, haciendo que los cationes se aproximen a los cationes y los aniones a otros aniones causando repulsión de las cargas. Esto hace que los compuestos iónicos sean quebradizos. Los compuestos metálicos tienen una estructura maleable, ya que pueden reorganizarse, haciendo así que el enlace metálico sea más difícil de romper"*. Es importante comentar que no es el enlace iónico o metálico los que hacen que los compuestos sean frágiles o maleables, sino los compuestos iónicos o metálicos.

Esta es la respuesta de otro grupo para la SP: *"La jarra de yeso presenta enlaces iónicos que se produce por interacción de iones de cargas opuestas, causando un vínculo más fuerte que el enlace metálico, que presenta una interacción entre los iones de la misma carga y donde los electrones se mueven libremente en esta estructura. Esta "libertad" para el movimiento de los electrones en enlace metálico provoca la maleabilidad de la estructura metálica, ya que se trata de una conexión que es débil en relación con la estructura iónica (electrostático fuerte)"*.

La respuesta del grupo a la SP muestra que los estudiantes distinguen entre el enlace iónico (interacción entre iones de cargas opuestas) y enlace metálico (interacción entre electrones y cationes) del metal. Sin embargo, manejan la concepción alternativa de que el enlace iónico es más fuerte que el metálico. Este tipo de concepción se ha identificado en una investigación realizada por Coll y Taylor (2001). De los cinco grupos que solucionaron la situación-problema uno (01) tuvo la respuesta clasificada como satisfactoria, mientras que cuatro (04) obtuvieron sus respuestas clasificadas como parcialmente satisfactorias. Es importante señalar que todos los grupos clasificaron correctamente los enlaces y representaron la estructura interna del yeso y de la plata como se esperaba. Los cuatro grupos con respuestas parcialmente satisfactorias no supieron explicar por qué los compuestos iónicos son frágiles y los compuestos metálicos son maleables.

Evaluación de la intervención educativa

Con respecto a la cuestión (i), se ha observado en las respuestas que los estudiantes dan su aprobación a la intervención didáctica experimentada sobre enlaces químicos. Según ellos, la presentación de vídeos y la fabricación de estructuras utilizando palillos y bolas de espuma de poliestireno fueron importantes porque hicieron el tema menos abstracto. Las mayores dificultades fueron: la visualización de los retículos cristalinos en tres dimensiones y la construcción de estructuras con palillos de dientes y bolas de espuma de poliestireno. Se transcribe la siguiente respuesta dada por los alumnos: *"Contribuye en la medida en que ayuda a visualizar las estructuras y a entender mejor la formación de las retículas, pasando de la idea a la práctica". La única dificultad se experimentó en la fabricación de las estructuras. Y este trabajo debe ampliarse al resto de las clases para mejorar el aprendizaje"*.

Con respecto a la segunda pregunta, los estudiantes se auto evalúan en relación a su participación, interés, motivación y aprendizaje de la cuestión, atribuyendo notas de cero a cinco. Las respuestas a esa pregunta se ven en la figura 2. Analizando el gráfico se puede observar que la actividad que más involucra a los alumnos es la resolución de la situación-problema. Este hecho puede explicarse debido a la capacidad de la situación-problema de captar el interés de los estudiantes. La actividad que ha generado más interés y motivación de los estudiantes, según la tabla, fue la presentación de vídeos y la fuente de ese interés puede ser el hecho de que, en los videos presentados (conducción eléctrica y conducción termal), los estudiantes asistieron y participaron en las discusiones relacionadas con las propiedades macroscópicas de sustancias cotidianas que fueron explicadas más tarde mediante la teoría de enlaces químicos. La resolución de la situación-problema junto a la presentación de videos fue la actividad más motivadora para los estudiantes y esto está en consonancia con las observaciones de Meirieu (1998), que afirma que la situación-problema debe motivar al alumno en su resolución. En relación con el tema de aprendizaje del enlace químico, se puede afirmar que la presentación de los vídeos y el planteamiento de la situación-problema fueron las actividades que contribuyeron más al aprendizaje. La evaluación por los estudiantes de la intervención didáctica demuestra que todas las actividades han sido importantes para la construcción del conocimiento acerca del enlace químico.

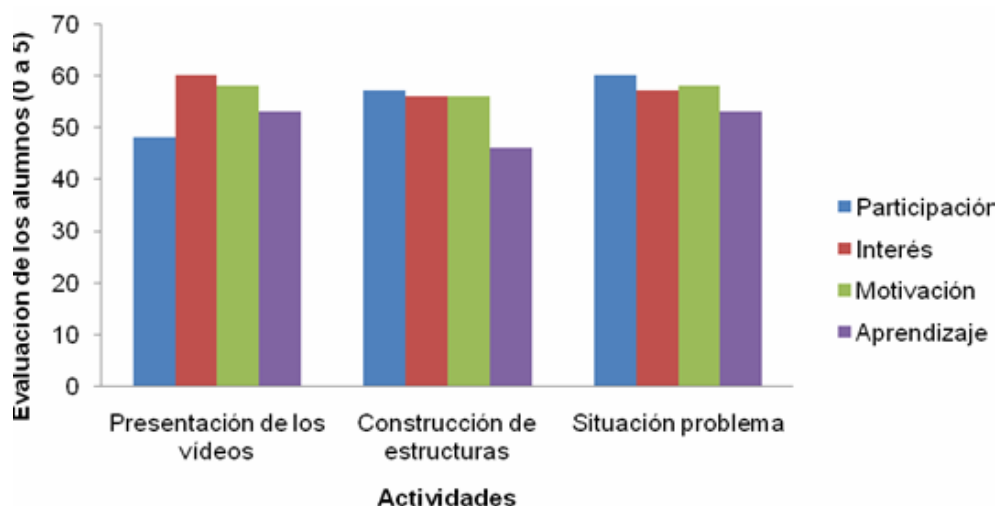


Fig. 2. Evaluación de la intervención didáctica.

CONCLUSIONES

El enlace iónico es un tema muy importante en la química. Debido a las dificultades en el aprendizaje de ese tema, los métodos tradicionales de enseñanza pueden no ser eficaces y, por lo tanto, este estudio tiene como objetivo investigar la efectividad de la estrategia de enseñanza de enlace iónico a través del planteamiento de situaciones-problema.

Aunque la mayoría de las respuestas de los alumnos a la SP hayan sido parcialmente satisfactoria, la intervención didáctica, de manera general, se muestra satisfactoria, teniendo en cuenta que los estudiantes han sido capaces de identificar la naturaleza electrostática de los enlaces químicos, han clasificado correctamente el tipo de enlace químico y que representaron correctamente las estructuras cristalinas de compuestos iónicos y metálicos. Sin embargo, se identificaron algunas concepciones alternativas, por ejemplo, al asociar un enlace fuerte a los compuestos iónicos en comparación a las sustancias metálicas. Los déficits conceptuales de los alumnos, aunque después de la intervención didáctica, podrían ser reducidos, si el proceso formativo se realizara en un mayor número de clases. Además de esto, los conocimientos previos sobre contenidos químicos importantes para la comprensión del enlace químico, como la idea de átomo, electrones, protones, iones, moléculas, electronegatividad, polaridad, son fundamentales. El déficit de esos conocimientos puede haber perjudicado el desempeño de los estudiantes en la resolución de la SP. En aplicaciones posteriores de esta propuesta puede ser necesario ampliar el número de clases y fornecer un momento formativo inicial sobre contenidos previos relevantes para el entendimiento de las ligaciones químicas.

Los estudiantes participaron activamente en todas las etapas de intervención didáctica. Tuvieron dificultades al hacer y visualizar las estructuras tridimensionales, CCC, CFC y HC. Todos los grupos respondieron y mostraron, en su mayoría, respuestas coherentes a la SP propuesta. El experimento demostró la efectividad de la SP elaborada, así como de las estrategias utilizadas en su resolución.

REFERENCIAS

- Atkins, P. Jones, L. *Princípios de química: questionando a vida moderna e o meio ambiente*. 3ª ed. Porto Alegre: Bookman (2006).
- Boo, H. K. *Students' understandings of chemical bonds and the energetic of chemical reactions*. Journal of Research in Science Teaching, 35(5), 569-581 (1998).
- Cachapuz, A. *Epistemologia e ensino das ciências no pós mudança conceptual: análise de um percurso de pesquisa*. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, Valinhos, SP Brasil (1999).
- Carneiro, S. P. y Dal-Farra, R. A. *As situações-problema no ensino de genética: estudando a mitose*. Genética na Escola, 06(02), 30-34 (2011).
- Cavalcanti, C. de L.; Fernandes, L. dos S.; Campos, A. F.; Leão, M. B. C. *Ligação metálica*. http://semente.pro.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=67&Itemid=73. Acceso 14 de Mayo (2013).

- Coll, R. K. y Taylor, N. *Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students*. Research in Science & Technological Education, 19(2), 171-191 (2001).
- De Posada, J. M. *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), 12-19 (1999).
- Fernandes, L. S., Campos, A. F. y Marcelino Jr, C. A. C. *Concepções alternativas dos estudantes sobre ligação química*. Experiências em Ensino de Ciências, 5(3), 19-27 (2010).
- Fernandez, C. y Marcondes, M. E. R. *Concepções dos estudantes sobre ligação química*. Química Nova na Escola, 24(2), 20-24 (2006).
- Freitas, D. de.; Villani, A. *Formação de professores de ciências: um desafio sem limites*. Investigações em Ensino de Ciências, 7(3), 215-230 (2002).
- Lacerda, C. de C., Campos, A. F. y Júnior, Cristiano de Almeida Cardoso Marcelino. *Abordagem dos conceitos mistura, substância simples, substância composta e elemento químico numa perspectiva de ensino por situação-problema*. Química Nova na Escola, 34(2), 75-82 (2012).
- Latasa, I. y Lozano, P. Y.; Ocerinjuregi, N. *Aprendizaje basado en problemas en currículos tradicionales: beneficios e inconvenientes*. Formación Universitaria, 5(5), 15-26 (2012).
- LMDM. *Laboratório de material didático multimídia*. <http://www.cienciadosmateriais.org>. Acceso: 20 de Mayo (2013).
- Lorenzo, R. A.; Fernández, P y Carro, A. M. *Experiência en la aplicación del aprendizaje basado en problemas en la asignatura Proyecto de Licenciatura en Química*. Form. Univ. 4(2), 37-44 (2011).
- Mahan, B. M. y Myers, R. J. *Química: um curso universitário*. São Paulo: Edgard Blücher. (1997).
- Meirieu, P. *Aprender... Sim, mas como?* Porto Alegre: Artmed. (1998). <http://www.pontociencia.org.br>. Acceso: 24 de Mayo (2013).
- Nicoll, G. *A report of undergraduates' bonding misconceptions*. International Journal of Science Education, 23(7), 707-730 (2001).
- Núñez, I. B. & Silva, S. F. *O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes - reflexões teórico-metodológicas*. Química Nova, 25(6B), 1197-1203 (2002).
- Özmen, H. *Some student misconceptions in chemistry: A literature review of chemical bonding*. Journal of Science Education and Technology, 13(2), 147-159 (2004).
- Perrenoud, P. & Thurler, M. G. *As competências para ensinar no século XXI: a formação dos professores e o desafio da avaliação*. Porto Alegre: Artmed (2000).
- Ponto Ciência. *Ponto ciência: várias experiências, um só lugar*. <http://www.pontociencia.org.br>. Acceso: 24 de Mayo (2013).
- Pozo, J. I. (org.). *A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender*. Porto Alegre: Artmed. (1998).
- Riboldi, L., Pliego, O. y Odetti, H. *El enlace químico: una conceptualización poco comprendida*. Enseñanza de las Ciencias, 22(2), 95-212 (2004).
- Schnetzler, R. P. *Concepções e Alertas sobre a formação continuada de professores de química*. Química Nova na Escola, 16(2), 15-20 (2004).
- Simões Neto, J. E.; Campos, A. F.; Marcelino-Jr, C. A. C. *El uso de situaciones-Problema para la enseñanza superior de isomeria en la química inorgánica*. Avances en Ciencias e Ingeniería, 4(2), 61-68 (2013).
- Silveira, F. L. *Um interessante e educativo problema de cinemática elemental aplicada ao trânsito de veículos automotores*. Caderno Catarinense de Ensino de Física. 28(2), 468-475 (2011).
- Silveira, T. A. da.; Leão, M. B. C.; Campos, A. F. *Ligações iônicas*. http://semente.pro.br/site/index.php?option=com_content&view=article&id=54&Itemid=58. Acceso: 14 de Mayo (2013).
- Tsaparlis, G. *Atomic and molecular structure in chemical education. A critical analyses from various perspectives of science education*. Journal of Chemical Education, 74(08), 922-925 (1997).
- Vega, F., Portillo, E., Cano, M. y Navarrete, B. *Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Química; diseño, montaje y puesta en marcha de una unidad de destilación a escala de laboratorio mediante al aprendizaje basado en problemas*. Formación Universitaria, 7(01) 13-22 (2014).