

# REPRESENTACIONES SOBRE IONES EN SOLUCIÓN Y EN RED EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS O FÍSICA Y QUÍMICA EN UNIVERSOS SEPARADOS

Eje5: Exploraciones diagnósticas sobre diversas problemáticas educativas

*Cappannini, Osvaldo<sup>1,2</sup> y Espíndola, Carlos<sup>2,3</sup>*

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, La Plata, Argentina.

<sup>2</sup> Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-UNLP), Calle 59 N° 789, La Plata 1900,  
Argentina.

<sup>3</sup> Cátedra de Didáctica Específica II, Departamento de Ciencias Exactas y Naturales, Facultad de  
Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP, La Plata, Argentina.

E-mail: [cappa@iflysis.unlp.edu.ar](mailto:cappa@iflysis.unlp.edu.ar)

Palabras claves: REPRESENTACIONES, ESTRUCTURA DE LA MATERIA, INTERACCIONES, ELECTROSTÁTICA.

## INTRODUCCIÓN

En diferentes trabajos se ha evidenciado que, aún en estudiantes universitarios, las ideas dominantes sobre estructura de la materia resultan distantes de lo esperado desde el conocimiento científico: la representación discreta sólo resulta mayoritaria para gases, aparecen incoherencias al explicar propiedades macroscópicas desde modelos microscópicos y, un mismo estudiante en este nivel, puede utilizar diferentes modelizaciones (no siempre discretas) para responder ante una misma situación en el caso de gas, líquido o sólido (Cappannini y Espíndola, 2012). La idea de interacción junto con las de equilibrio o estabilidad resultan fundamentales para comprender la unión de átomos o moléculas para constituir estructuras (Levy Nahum y otros, 2007; Yayon y otros, 2012) reflejándose razonamientos antropomórficos (Taber, 2001a y 2002), uso de reglas heurísticas (regla del octeto) como si fueran leyes predictivas (Taber, 2009) e ideas electrostáticas distorsionadas transformadas en obstáculos para comprender enlaces (Taber 2002 y 2003; Taber y Coll, 2002). El aporte desde la enseñanza de Física es, en cuanto a iones en red o en disolución, de fundamental importancia ya que términos polisémicos como equilibrio (con contenido diferente en Química y Física) o específicos como puente hidrógeno sin sustento en nociones electrostáticas más básicas, terminan en el discurso

estudiantil como mera repetición de frases de los textos o escuchadas en el aula (Toomey y Garafalo, 2003; Taber, 2003; Levy Nahum y otros, 2007). Taber (2002) y Talanquer (2013) han señalado que estudiantes de muy diversos niveles consideran explicativo afirmar que los átomos “desean completar octetos o capas externas de electrones” y que los procesos químicos se producen para que los átomos puedan cumplimentar dichas condiciones. Estas ideas (antropomórficas y/o teleológicas) se transforman en obstáculos para comprender interacciones o la diferencia entre enlaces intra e intermoleculares (Taber y Coll, 2002). Generalizando esta situación, los estudiantes no responden desde sus ideas alternativas sino desde el discurso que han recibido de textos y docentes, aún sin entender los conceptos incluidos en ellos y constituyendo obstáculos de aprendizaje de origen pedagógico (Taber, 2001, a y b). La “pintura” inducida podría interpretarse a través de las concepciones que manifiestan (Taber y otros, 2013): 1) idea generalizada de “partícula” para designar indistintamente a átomos, iones, moléculas o partes del material; 2) asignación de características macro a estas “partículas”; 3) muchos estudiantes hablan de “moléculas de ClNa” en una red de esta sustancia, como “unidades” que la constituyen pero sin explicar cómo es que se mantienen unidas (ver punto 6); 4) enlace iónico asociado a transferencia de electrones entre átomos para formar iones (versión inducida por la “regla del octeto”); 5) número de enlaces iónicos limitados por la electrovalencia; 6) la red iónica descrita como compuesta de iones unidos a iones de signo opuesto por un enlace iónico (como cargas de signo opuesto) y atraído a los otros iones de la red “sólo por fuerzas”; 7) el enlace covalente entendido como átomos compartiendo electrones pero cada electrón sigue ligado al átomo de origen (como si algo indicara su pertenencia a uno de los átomos); 8) la “regla del octeto” como argumento clave para explicar el enlace metálico, el enlace polar, el puente hidrógeno u otros enlaces intermoleculares y también las reacciones químicas.

El primer año de varias carreras en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) incluye cursos introductorios de Física y Química. En los primeros, es habitual el tratamiento de la mecánica para diferentes modelizaciones (partícula y sistemas de partículas) y su aplicación a diferentes contextos, tanto objetos sólidos como sistemas fluidos (Física I). Interacciones y equilibrio resultan parte del eje conceptual, con ejercitaciones variadas pero siempre macroscópicas. Los contenidos vinculados a electricidad quedan, usualmente, para un segundo curso (Física II) posterior a los de Química introductoria. Por otro lado, en los

cursos iniciales de Química resulta invariable el introducirse en la estructura del átomo: idea sumamente abstracta, sostenida en ideas electrostáticas básicas en el marco de una cuántica limitada y generalmente plena de “decretos”. El átomo (y sus partículas constituyentes) surge como “ladrillo básico” de una construcción creciente hacia propiedades macroscópicas de las sustancias. ¿Cómo articulan los estudiantes de primer año las ideas mecánicas de la Física inicial con las ideas que, en paralelo, abordan en su estudio inicial de Química? ¿Cómo interpretarán situaciones que requieren del análisis de interacciones entre partículas constituyentes en fase líquida o sólida? ¿Lo harán desde ideas mecánicas? ¿Acudirán a las nociones electrostáticas recuperadas del nivel secundario? ¿Se ubicarán en el marco cuántico que han debido incorporar, de alguna manera, en su derrotero por la Química introductoria? Aquí presentamos algunos resultados del análisis de las respuestas y argumentaciones asociadas a una encuesta realizada a estudiantes universitarios, con posterioridad a cursos de Química y Física de primer año, en situaciones que implican estados de agregación diferente, apuntando a rastrear el tipo de interacciones incluidas en sus explicaciones y las representaciones derivadas.

#### MARCO METODOLÓGICO Y OBJETIVOS

Se encuestó a dos cohortes de estudiantes de la Fac. de Ciencias Exactas (UNLP). En la cohorte 2008 se seleccionaron dos comisiones de Química General (segundo cuatrimestre de primer año): uno de 44 estudiantes (denominado F) y otro (V) con 61 integrantes. En 2011 se encuestaron 247 estudiantes finalizando un curso de Química Inorgánica (primer semestre de segundo año) distribuidos en seis grupos que llamaremos M1, M2, T1, T2, N1 y N2 respectivamente. Cabe consignar que la cohorte 2008 estaba finalizando Física I mientras que la del 2011 ya lo había finalizado sin iniciar aún Física II. El instrumento (ver Tabla I), de carácter exploratorio, estuvo orientado a identificar representaciones sobre interacciones entre partículas constituyentes tanto en sólidos (red de  $\text{ClNa}$ ) como en líquidos (disolución de un soluto en agua). Fue elaborada a partir de Taber (2009) e incluyó tres apartados con respuestas de opción múltiple y comentarios de cada estudiante. En este artículo se analizarán sólo el primero y el tercer apartado. El segundo (no considerado aquí) se refería a la estabilidad relativa de especies atómicas (Cappannini y Espíndola, 2015).

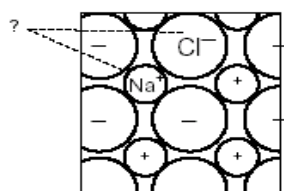
1.1) Consideremos una molécula de agua que se desplaza desde un punto a otro distante en el seno de agua líquida y un ion sodio que también se desplaza la misma distancia desde un

punto a otro en el seno de agua líquida. En ambos casos, las moléculas de agua alrededor de las partículas mencionadas ¿serán siempre las mismas?

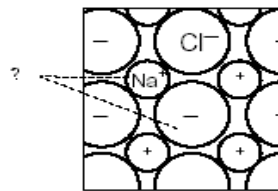
SI	NO	Podría ser	Otro

1.2) Describí, con tus propias palabras en el reverso de la hoja, los motivos de tu elección.

3) Los esquemas siguientes representan parte de una capa en una red de cloruro de sodio sólido.



Esquema 1



Esquema 2

3.1) Señalá, en la Tabla siguiente, el nombre con el que indicarías la interacción entre las partes señaladas en cada uno de los esquemas:

Tipo de Interacción	Esquema 1			Esquema 2		
	Sí	No	Podría ser	Sí	No	Podría ser
Atracción						
Fuerza						
Unión química						
Otra						

3.2) Si pensás que este tipo de interacción tiene otro nombre, ¿cómo lo denominarías?

Describí, con tus propias palabras en el reverso de la hoja, cómo lo denominarías y los motivos por los cuales elegís esa denominación.

TABLA I. Encuesta utilizada con estudiantes (2008 y 2011) de la Fac. de Ciencias Exactas. El apartado 1 apuntó a evaluar representaciones en relación con las interacciones de iones sodio y de una molécula de agua moviéndose en el seno de agua. Las respuestas ofrecidas giraron alrededor de si dichas partículas, al desplazarse, lo hacen acompañadas de un mismo conjunto de otras partículas o no. El modelo microscópico de agua líquida afirma que la interacción entre las moléculas tiene origen electrostático pero es de escasa

intensidad por lo que resulta esperable que si una de estas moléculas se desplaza su entorno pueda cambiar continuamente. En cambio, en el caso del ion sodio se piensa en la constitución de una “esfera de hidratación” por la que un conjunto de moléculas de agua se ubican, polarizadas (con su polo opuesto al de la carga del ion más cercano al mismo) y con más posibilidades de acompañarlo en su desplazamiento. En ambos casos, el origen de la interacción es electrostático aunque la intensidad no resulta la misma. Disponer de la idea de interacciones entre distribuciones de carga y del efecto de una determinada distribución de carga sobre otras situadas a distancia resulta decisivo para poder interpretar ambas situaciones. El apartado 3 de la encuesta, consideró interacciones en una red sólida entre iones de sodio y cloro de acuerdo con el Esquema 1 y, análogamente, entre un ion sodio y un anión no especificado (Esquema 2) evaluando similitudes y/o diferencias en la elección de opciones. Analizar ambos esquemas desde la electrostática de cargas puntuales puede llevar a distorsiones interpretando, por ejemplo, al par de iones como una “molécula” (Taber y otros, 2013) perdiendo la idea de cada ión en interacción con la red en la que está inmerso y sin considerar las diferentes intensidades de esas interacciones con cada capa de iones vecinos. Análogamente al apartado anterior, se evidencia la necesidad de comprender la idea de interacciones entre distribuciones de carga y el campo eléctrico como herramienta de análisis de una red iónica.

## RESULTADOS

Los porcentajes de respuestas al apartado 1 de ambas cohortes se muestra en la Figura 1. Resulta evidente lo diverso del perfil obtenido lo que induce a relacionarlo con el trabajo docente en el aula (Cappannini y Espíndola, 2014). La respuesta “No” (implica elegir que no es cierto que tanto para el ion como para la molécula de agua el desplazamiento de cualquiera de ellos vaya acompañado de las mismas moléculas) resulta dominante, con porcentajes que van desde un 35 al 57%. El “Sí” (que supone que, en ambos casos, las mismas moléculas siempre acompañan a la de interés) va desde un 17 a un 45% mientras que el “Puede ser” muestra porcentajes que van desde 3 a 39%. Al analizar los argumentos de cada estudiante a la respuesta elegida, se identificaron cinco categorías (ver Tabla II) a partir de una metodología de tipo fenomenográfica (Ebenezer y Fraser, 2001).

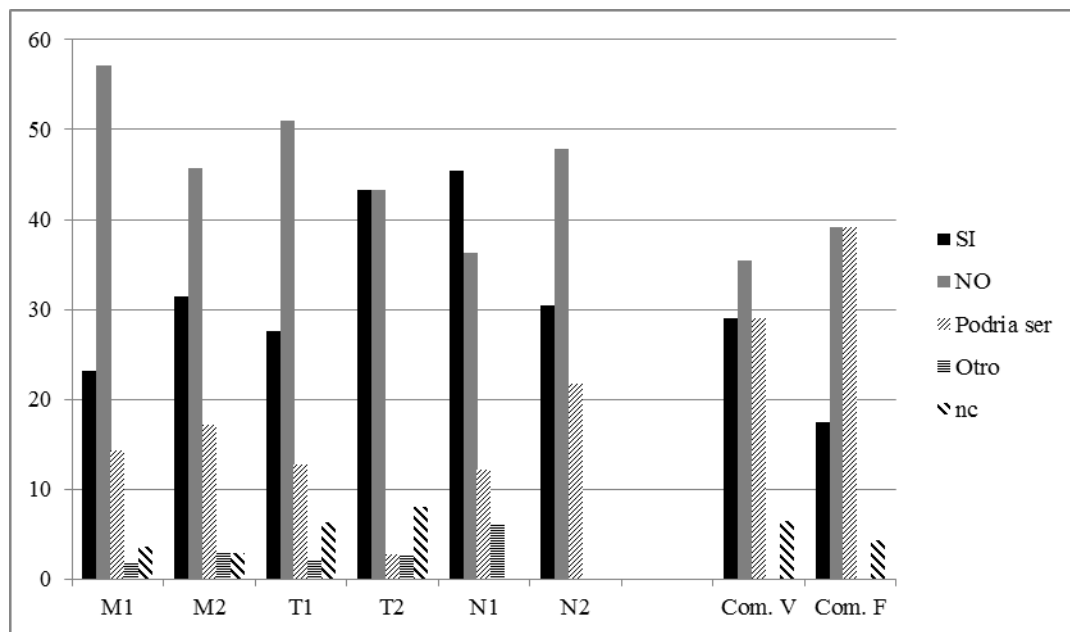


FIGURA 1. Distribución de porcentajes de respuestas por “Sí”, “No” o “Puede ser” a apartado 1, cohortes 2008 y 2011 de estudiantes de Química General.

La Tabla II muestra frecuencias y porcentajes en ambas cohortes evidenciándose que las categorías “I” y “II” resultan mayoritarias. La “I” reúne los fundamentos centrados en que existe interacción eléctrica entre las moléculas de agua y la molécula de agua o el ion que se desplaza. La “II” identifica argumentos que niegan lo anterior optando por interacciones mecánicas. La “III” incluye respuestas que afirman que existe reacción química entre el ion y las moléculas de agua que lo rodean. La “IV” refiere a Otras respuestas (sin explicación o no incluyendo las anteriores) mientras que la “V” reúne respuestas sin argumento.

Categoría	Frecuencia	Porcentaje	Frecuencia	Porcentaje
	2008	2008	2011	2011
<b>I</b>	31	30	51	22
<b>II</b>	29	28	49	21
<b>III</b>	13	12	17	7
<b>IV</b>	17	16	23	10
<b>V</b>	18	17	89	39

TABLA II. Distribución de frecuencias y porcentajes de categorías de argumentos para respuestas a apartado 1, cohortes 2008 y 2011 de estudiantes de Química General.

La “I” y la “II” obtienen porcentajes similares tanto en la cohorte 2008 (del orden del 30%) como en la 2011 (orden del 20%). Recordemos que la “II” implica que prima una mirada estrictamente mecánica. Sorprende el notable porcentaje de la “III” (12% para 2008 y 7% para 2011) que supone una reacción química entre el sodio y el agua líquida como si un alto número de estudiantes desconociera la diferencia entre una disolución y una reacción.

Opciones	ESQUEMA 1		ESQUEMA 2	
	%TOTAL 2008	%TOTAL 2011	%TOTAL 2008	%TOTAL 2011
<b>ATRACCIÓN</b>	<b>9,90</b>	<b>10,87</b>	<b>13,40</b>	<b>24,56</b>
FUERZA	1,98	3,91	5,15	3,95
<b>UNIÓN QUÍMICA</b>	<b>15,84</b>	<b>30,00</b>	7,22	<b>13,60</b>
OTRA COSA	0,99	3,91	1,03	2,19
<b>ATRACCIÓN-FUERZA</b>	6,93	6,96	<b>13,40</b>	<b>14,91</b>
<b>ATRACCIÓN-UNION QUÍMICA</b>	6,93	<b>12,17</b>	<b>8,25</b>	<b>8,33</b>
<b>ATRACCIÓN- OTRA COSA</b>	0,99	1,30	1,03	0,88
<b>FUERZA- UNION QUÍMICA</b>	4,95	2,61	3,09	1,75
<b>FUERZA- OTRA COSA</b>	0,00	0,87	0,00	0,00
<b>UNION QUÍMICA - OTRA COSA</b>	0,00	0,43	0,00	0,00
<b>ATRACCIÓN-FUERZA-UNION QUÍMICA</b>	<b>39,60</b>	<b>19,57</b>	<b>36,08</b>	<b>14,04</b>
<b>ATRACCIÓN-FUERZA- OTRA COSA</b>	3,96	0,87	4,12	0,88
<b>ATRACCIÓN- UNION QUÍMICA - OTRA COSA</b>	0,00	0,43	1,03	0,00
<b>FUERZA- UNION QUÍMICA - OTRA COSA</b>	0,99	0,00	0,00	0,00
<b>ATRACCIÓN-FUERZA- UNION QUÍMICA- OTRA COSA</b>	5,94	3,04	5,15	3,07
<b>NO CONTESTA</b>	5,71	3,04	6,86	<b>11,40</b>

TABLA III. Respuestas al apartado 3 de las cohortes 2008 y 2011 de estudiantes de Química General. Se han resaltado los porcentajes superiores a 8.

Los resultados de las respuestas al apartado 3 (ver Tabla III) reflejan que “atracción-fuerza- unión química” (respuesta esperada) es mayoritaria en la cohorte 2008 pero no en la 2011. En 2008 llega a casi 40% para el Esquema 1 y supera algo el 36% para el Esquema 2 mientras que, para la cohorte 2011, casi alcanza el 20% para el Esquema 1 y apenas supera el 14% para el Esquema 2. La distribución de otras respuestas resulta diferente para ambas cohortes. Para la 2008, Esquema 1, la respuesta siguiente en porcentaje es “unión química” (cerca de 16%) a la que le sigue “atracción” (algo menos del 10%) en tanto que para el Esquema 2 se reparten entre “atracción” y “atracción-fuerza” (algo más de 13% cada una) por encima de “atracción-unión química (algo más del 8%). En la cohorte 2011 y para el Esquema 1, a la principal (“unión química”, con 30%) le siguen “atracción-fuerza-unión química” (casi 20%), “atracción-unión química” (algo más de 12%) y “atracción” (casi 11%). Para esta cohorte y el Esquema 2, a “atracción” (casi 25%) le siguen “atracción-fuerza” (casi 15%), “unión química” (algo más del 13%) y “atracción-fuerza-unión química” (algo más del 14%). Sorprende en esta cohorte el porcentaje de “No contesta” con algo más del 11%. La distribución encontrada nos dice que la respuesta esperada (“atracción-fuerza-unión química”) no resulta en los porcentajes deseados y que la dispersión es alta. Incluso, la idea dominante en el curso 2011 de una “unión química” autónoma de las ideas de atracción y fuerza sugiere una concepción estrictamente disciplinar desconectada de ideas más básicas (Scerri, 2007; Taber, 2003). Cabe señalar que, de los 83 estudiantes de la cohorte 2011 que argumentaron en sus respuestas a este apartado, un 60% incluyó “iónico/a” (antecedido por interacción, fuerza, unión o enlace), un 38% habló de “atracción electrostática” sin más aclaraciones, un 22% especificó la existencia de “atracción de cargas opuestas”, un 16% nombró a “unión química” sin otra aclaración y un 13% acudió a la existencia de diferentes “electronegatividades”.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De lo expuesto para a ambas situaciones, tanto en la fase líquida como en la sólida, se refleja una escasa interpretación que incluya interacciones eléctricas. Esto resulta compatible con que ninguno de los estudiantes encuestados ha cursado la Física correspondiente evidenciándose ideas extremadamente elementales como las de atracción o repulsión entre cargas puntuales. Sin embargo, tampoco se evidencian las nociones cuánticas abordadas en los cursos de Química introductoria. Las nociones sobre



interacciones mecánicas utilizadas resultan asimismo inadecuadas al no contemplar las intensidades relativas a las electrostáticas, reforzando la imagen de ideas limitadas. Se acentúa así lo encontrado en otras investigaciones en cuanto a aprendizajes anclados en terminología vaciada de contenido y a respuestas estereotipadas con muy escaso respaldo teórico (Cappannini y Espíndola, 2014; Taber, 2002). La preeminencia de respuestas reducidas a terminología (utilización de “iónica”, “electronegatividad”, “unión química” y otras) está también reflejando un modo de concebir no sólo el aprendizaje de ciencias sino también la construcción de conocimiento en el trabajo científico. La diversidad de perfiles de respuesta encontrada también refuerza lo encontrado en otras investigaciones sobre la incidencia del trabajo docente (Taber, 2002; Levy Nahum y otros, 2007). Cabe reflexionar acerca de si resulta adecuado el abordar estructura de la materia en los cursos introductorios de Química, intentando una mirada desde un marco cuántico cuando los estudiantes no han podido trabajar las ideas sobre interacciones eléctricas más allá de las nociones elementales vistas en el secundario, y sobre qué se puede hacer en este sentido desde la Física (secundaria o al inicio universitario). Pareciera no existir la posibilidad de un “puente pedagógico” que permita al alumno avanzar desde las ideas básicas vistas en el secundario hacia las más complejas y abstractas requeridas para interpretar la conformación de estructuras a nivel submicroscópico (Gillespie, 1997; Toomey y Garafalo, 2003).

## REFERENCIAS

Cappannini, O. y Espíndola, C. (2012). Los estados de agregación y las representaciones utilizadas por estudiantes universitarios. *Memorias del XI Simposio de Investigación en Educación en Física (SIEF 11)*, Fac. de Ingeniería. Univ. Nac. de la Patagonia “San Juan Bosco”, Esquel, Argentina.

Cappannini, O. y Espíndola, C. (2014). Incidencia del trabajo de aula en las ideas de estabilidad e interacción en estudiantes universitarios. *Revista de Enseñanza de la Física*, 26, número Extra, pp. 29-39.

Cappannini, O. y Espíndola, C. (2015). Los criterios de estabilidad acerca de especies atómicas en estudiantes universitarios. *Memorias de las II Jornadas Internacionales “Problemáticas en torno a la enseñanza en la Educación Superior. Diálogo abierto entre la Didáctica General y las Didácticas específicas”*, Univ. Nac. de Luján, Luján, Argentina.

- Ebenezer, J. y Fraser, D. (2001). First year chemical engineering students' conceptions of energy in solution processes: phenomenographic categories for common knowledge construction. *Science Education*, 85(5), pp. 509-535.
- Gillespie, R. (1997). The great ideas of chemistry. *J. of Chem. Educ.*, 74, pp. 862–864.
- Levy Nahum, T.; Mamlok-Naaman, R. y Hofstein, A. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91, pp. 579-603.
- Scerri, E. (2007). The Ambiguity of Reduction. *Int. J. for Phil. of Chem.*, 13 (2), pp. 67-81.
- Taber, K. (2001a) Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *Int. J. of Science Education*, 23 (7), pp. 731-753.
- Taber, K. (2001b). The mismatch between assumed prior knowledge and the learner's conceptions: a typology of learning impediments. *Educational Studies*, 27 (2), pp. 159-171.
- Taber, K. (2002). *Chemical misconceptions—Prevention, diagnosis and cure*, Vol. 1: Theoretical background. Londres: Royal Society of Chemistry.
- Taber, K. (2003). Facilitating science learning in the inter-disciplinary matrix - some perspectives on teaching Chemistry and Physics. *Chem. Educ. Res. and Pract.*, 4(2), pp. 103–114.
- Taber, K. (2009) College students' conceptions of chemical stability: The widespread adoption of a heuristic rule out of context and beyond its range of application. *International Journal of Science Education*, 31(10), pp. 1333-1358.
- Taber, K., Tsaparlis, G. y Nakiboğlu, C. (2013). Student conceptions of ionic bonding: Patterns of thinking across three European contexts. *International Journal of Science Education*, 34(18), pp. 2843-2873.
- Taber, K. y Coll, R. (2002). Bonding. En: J.K. Gilbert et al: *Chemical Education: Towards Research-based Practice*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Talanquer, V. (2013). When atoms want. *J. of Chemical Education*, 90, pp. 1419-1424.
- Toomey, R. y Garafalo, F. (2003). Linking Physics with Chemistry - opportunities in a constructivist classroom. *Chemistry Education: Research and Practice*, 4(2), pp. 189-204.
- Yayon, M.; Mamlok-Naaman, R. y Fortus, D. (2012). Characterizing and representing student's conceptual knowledge of chemical bonding. *Chem. Educ. Res. and Pract.*, 13, pp. 248–267.