

ESTABILIDAD E INTERACCIÓN: UNA RELACIÓN PENDIENTE EN EL TRATAMIENTO DE CONCEPTOS QUÍMICOS EN ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

ESPÍNDOLA, C¹ ; CAPPANNINI, O.²

Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-CICPBA-UNLP), Calle 59 N 789, C. C. 565, La Plata 1900,

¹ Cat. Didáctica Específica II, Dpto de Cs. Exactas y Naturales, FaHyCE, UNLP.

² Taller de Enseñanza de Física, Dpto de Física, Fac. de Cs Exactas, UNLP
cappa@iflysib.unlp.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se utilizan elementos de una encuesta, de características diagnósticas sobre representaciones acerca de la estructura microscópica de la materia, realizada a estudiantes al finalizar su primer año de Química universitaria en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP). Se observa, como en trabajos de investigación previos, que los estudiantes emplean una gran variedad de modelos en sus respuestas. A través de la identificación de los modelos que los estudiantes usan en el tratamiento de la problemática planteada se evalúa la relación y consistencia con aquellos elaborados por la comunidad científica. Los datos obtenidos parecen sugerir una posible relación entre la dispersión de representaciones y el trabajo docente en el aula.

Palabras clave: interacciones, modelos, regla del octeto, rol docente, estabilidad química.

INTRODUCCIÓN

Conocer acerca de los modelos y conceptos que los estudiantes utilizan cuando resuelven situaciones problemáticas en Química, resulta de gran importancia ya que ello permite al docente por una parte, plantear instancias de aula que permitan la consideración de las ideas alternativas que existieran en el curso sobre temas determinados y además la proposición de esquemas epistemológicos más apropiados para el desarrollo conceptual-disciplinar (Coll, 2008). Esto requiere de una instancia de identificación de ideas previas y otra de explicitación y discusión, siendo esta última naturalmente provechosa cuando los estudiantes participan de la misma, puesto que les puede allanar el camino hacia la adquisición de conceptos cada vez más complejos (Taber, 1998).

MARCO TEÓRICO

La didáctica de la Química, desde hace décadas, ha planteado como uno de los objetos de estudio para el nivel Medio, las formas en que los estudiantes utilizan conceptos y las reglas procedimentales que derivan de estos en la resolución de situaciones problemáticas. Mortimer (1994) analizó los criterios usados por un grupo grande de estudiantes, durante la evaluación de ingreso a la Universidad, para considerar la posibilidad de una reacción química. En igual sentido, también se analizó si los fundamentos usados por los estudiantes para considerar la estabilidad de una especie química se basa en cuestiones de orden conceptual, tal como las variaciones energéticas, o bien son empleadas condiciones operativas como la Regla del Octeto (Taber, 1995). Se ha encontrado, coincidentemente en ambos casos, que un alto porcentaje de estudiantes presentan un escaso manejo de las herramientas conceptuales, por falta de ellas o por falta de hábito para emplearlas.

Por otra parte, respecto de las maneras más adecuadas tanto de asimilar nuevos conceptos químicos, como en su utilización posterior, Pozo (1998) plantea: “El alumno no logrará asimilar el conocimiento científico que se le presenta mientras no logre interpretar la tarea mediante un esquema conceptual más completo, ...”, o bien: “... dentro de las dimensiones del cambio conceptual se establece como una diferencia entre las teorías implícitas y científicas, el pasaje desde el principio de causalidad simple en un solo objeto, a la interacción de sistemas o causalidad compleja”.

La idea de estabilidad en los sistemas materiales implica una evaluación de las interacciones entre el sistema considerado y su entorno además del efecto de esas interacciones sobre el estado del sistema. Conocer las ideas que los estudiantes manifiestan al analizar la estabilidad de sistemas materiales puede permitir establecer un punto de partida para afianzar no sólo el conocimiento disciplinar sino herramientas metodológicas implícitas (como la identificación del objeto de estudio y los diferentes contextos, o entorno, en el que se puede encontrar) fundamentales en el estudio de las Ciencias Naturales. Cuando se utiliza la Regla del Octeto a manera de dispositivo heurístico, se está obviando el contexto en el que el sistema se encuentra y, por lo tanto, las interacciones que determinarán el estado, de estabilidad o no, del mismo. Para el estudiante queda la imagen de que estos dispositivos superan cualquier contexto transformándose en instrumentos infalibles de predicción (Taber, 1997).

Resultará adecuado, entonces, intervenir con una herramienta diagnóstico-formativa (Espíndola y Cappannini, 2005) en la caracterización de las dificultades de los estudiantes frente a esta temática. A partir de allí, establecer el rol docente adecuado que permita plantear otros instrumentos de análisis como el energético.

El objetivo de la encuesta cuyos resultados se analizan en este trabajo, fue la búsqueda de herramientas metodológicas, modelos y conceptos que los estudiantes proponen al enfrentar situaciones en las que surgen dificultades de orden conceptual y metodológico.

Caracterización del grupo analizado

En la realización de esta encuesta de carácter exploratorio, se seleccionaron dos grupos, uno de 44 estudiantes (denominado FG) y el segundo (VV) con 61 integrantes. Tales grupos eran a su vez, sendas comisiones de Química General, materia del segundo cuatrimestre de primer año en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP).

La decisión de efectuarla sobre la finalización del curso (al final del año), pretendió detectar la noción de estabilidad y su relación con interacciones, habitualmente tratados durante el desarrollo temático de Química en su primer año, incluido el curso de ingreso universitario. El diagnóstico de la situación, podría ser de utilidad para el docente al diseñar estrategias didácticas a usarse en las instancias del aprendizaje disciplinar (Coll, 2008, Taber, 1998).

Instrumento de análisis

La encuesta estaba constituida por tres incisos. El primero y el segundo consideraban el uso de un modelo discreto, con interacciones entre sus componentes, en un sistema líquido y sólido respectivamente. El tercer ítem, referente a la estabilidad relativa de entidades de nivel atómico, se transcribe en la Tabla 1. El análisis al que haremos referencia en este trabajo corresponde sólo a este último ítem.

¿Cuál de las especies mostradas en el diagrama siguiente es más estable?

A: Na⁺

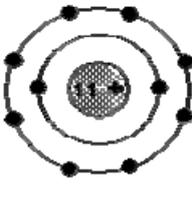


Figure A:
the sodium one plus ion.

B: Na

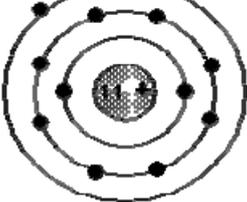


Figure B:
the sodium atom.

C: Na⁷⁻

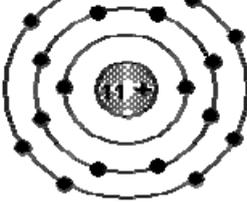


Figure C:
the sodium seven minus ion.

Responde en la Tabla que sigue:

a) A es más estable que B		f) A es más estable que C		k) B es más estable que C	
b) A y B tienen igual estabilidad		g) A y C son igualmente estables		l) B y C son igualmente estables	
c) A es menos estable que B		h) A es menos estable que C		m) B es menos estable que C	
d) Otra (explicar).		i) Otra (explicar).		n) Otra (explicar).	
e) No sé.		j) No sé.		o) No sé.	

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

Tabla 1. Ítem 3 de la encuesta formulada a estudiantes del curso de Química General 2008

En las respuestas a esta cuestión se esperaba obtener indicios sobre los criterios usados por los estudiantes acerca de la estabilidad de entidades atómicas, la posible utilización de procedimientos basados en reglas operativas en oposición al uso de premisas conceptuales (Mortimer, 1994) y también las nociones que pudieran surgir sobre objeto de estudio e interacción (Pozo y Gomez Crespo, 1998) vinculadas a la resolución de la problemática.

Cabe destacar que, expresado en forma idéntica, la cuestión ya había sido utilizada por otros investigadores (Taber, 1997) con una finalidad distinta: el estudio de la relación entre uniones químicas y la estabilidad de estructuras electrónicas.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

En la Tabla 2 se exponen las opciones de los estudiantes, en términos de frecuencias, considerando cada inciso en forma individual. Las más altas frecuencias se encuentran para los incisos *a*, *f* y *k*. Estas prioridades contemplan una disminución en la estabilidad a medida que la carga electrónica crece en las especies consideradas ($Na^+ > Na > Na^-$). Las frecuencias más bajas corresponden a los ítems *d*, *i* y *n*, donde la estabilidad se basaría en criterios propios del encuestado, y a los ítems *e*, *j* y *o* que implican desconocer relaciones de estabilidad en las especies. En su conjunto, estas altas y bajas frecuencias en las opciones elegidas revelarían no sólo existencia de criterios sobre la estabilidad sino, además, cierta uniformidad en las ideas del conjunto.

	Comisión FG	%	Comisión VV	%
a) A es más estable que B	26	59	35	57
b) A y B tienen igual estabilidad	1	2,3	1	1,6
c) A es menos estable que B	17	39	29	48
d) Otra (explicar).	0	0	2	3,3
e) No sé.	0	0	3	4,9
f) A es más estable que C	34	77	35	57
g) A y C son igualmente estables	5	11	13	21
l) B y C son igualmente estables	1	2,3	0	0
i) Otra (explicar).	1	2,3	1	1,6
j) No sé.	2	4,5	3	4,9
k) B es más estable que C	34	77	29	48
l) B y C son igualmente estables	1	2,3	0	0
m) B es menos estable que C	8	18	24	39
n) Otra (explicar).	1	2,3	0	0
o) No sé.	0	0	4	6,6
Total alumnos por comisión	44	100	61	100

Tabla 2. Frecuencias de opciones Ítems elegidos por los estudiantes

Resulta significativo que, en ambas comisiones, una alta proporción de estudiantes (similar a los que eligieron el inciso *a*) escoge el inciso *c* cuya proposición es inversa a aquella. En tanto, muy pocos estudiantes optan por las inversas *h* (en lugar de *f*) o *m* (en vez de *k*). Esto indicaría diferencias al considerar la mayor estabilidad del ión positivo o del átomo pero muy pocas dudas en relación con la menor estabilidad del ión negativo respecto de estos.

Algunas de las descripciones de los estudiantes, que expresamente fueron solicitadas en la encuesta, son transcritas en la Tabla 3.

Encuesta N 38 Grupo VV. “Son más estable los elementos que cumplen con la ley del octeto es decir que contienen 8 e- (electrones) en su última orbita”. (a-g-m).

Encuesta N 2 Grupo FG. “Como A tiene una carga positiva es menos estable que B del mismo modo como C está cargada es menos estable que B”. (c-j-k).

Encuesta N 46 Grupo VV. “A es más estable que B porque en su último nivel tiene el octeto completo mientras que B tiene un nivel mas con un solo electrón mas alejado del núcleo y tendrá tendencia a perderlo antes que ganar 7 para completar su octeto. A es más estable que C porque tiene sus electrones distribuidos en una menor cantidad de niveles que C y estarán más atraídos por los protones del núcleo., B es menos estable que C porque tienen su ultimo nivel con un solo electrón y como mencioné antes tendrá mayor tendencia a perderlo mientras que C tiene su ultimo nivel completo”. (a-f-m).

Encuesta N 40 Grupo FG. “La especie más estable es cuando se encuentra neutro, al tener cargas sueltas es más fácil de perturbar”. (c-f-k)

Encuesta N 3 Grupo VV. “El Na^+ es más estable porque no tiene e^- libres en la última capa cumpliendo con la regla del octeto, lo que impide su interacción con otros átomos o iones”.(c-f-k)

Encuesta N 43 Grupo VV. “En la naturaleza el Na se encuentra como Na^+ unido a algún elemento aniónico, por lo que los otros estados son más inestables e improbables. Por ende en orden creciente, los más estables son $\text{Na}^-7 < \text{Na} < \text{Na}^+$ ”. (a-f-k)

Encuesta N 25 Grupo VV. “El más estable es el aquel tiene más carga en el último nivel”. (c-h-k).

Tabla 3. Descripciones de los alumnos, adjuntas a sus elecciones

La Tabla 4 nos muestra las frecuencias de los conjuntos de incisos escogidos por cada estudiante. Se observa una muy baja dispersión dentro del grupo *FG*, donde fueron escogidos 10 conjuntos de opciones frente a 18 del grupo *VV*, que indicaría una mayor homogeneidad de criterios en el primer grupo. Mientras 2 encuestas fueron entregadas sin las explicaciones complementarias requeridas en el grupo *FG*, hubo 9 en esas condiciones dentro del grupo *VV*. Tal carencia explicativa podría estar indicando falta de sustento en las opciones elegidas. El 40,9 % del grupo *FG* con la opción *a-f-k* estima una disminución de la estabilidad en las especies consideradas al aumentar el número de electrones ($\text{Na}^+ > \text{Na} > \text{Na}^-7$). Pero también dentro del mismo grupo, un significativo 27,3 % opta por *c-f-k* donde la estabilidad del átomo es mayor que la de los iones. Si bien algo de estas situaciones ya fue visto en el análisis individual, ahora surge que la diferencia de estabilidad de las especies iónicas está vinculada inversamente a la cantidad de electrones ($\text{Na}^+ > \text{Na}^-7$).

Por su parte, si bien la opción *a-f-k* en el grupo *VV* sólo logra un 14,8% de respuestas, una frecuencia mayor (19,7 %) corresponde a *a-f-m* que, junto con la terna *a-g-m* (8%), consideran a ambos iones más estables que el átomo. En estas respuestas el efecto de capa electrónica completa sería razón para la mayor estabilidad respecto del átomo, aunque se discrepe respecto de la estabilidad entre las especies iónicas.

En tanto, en ambos grupos sólo una muy pequeña frecuencia opta por *b-f-k*, que plantea igual estabilidad para átomo e ión positivo, o bien por otras opciones.

La Figura 1 muestra la distribución porcentual de frecuencias del conjunto de estudiantes, expresadas en las columnas Total y %T del Cuadro 4. Sobresalen los picos correspondientes a las opciones *a-f-k* (25,7%) y *c-f-k* (20%) que pone en evidencia la notoria división de opiniones en cuanto a la estabilidad del ión positivo o del átomo. En segundo lugar, las opciones *a-f-m* y *a-g-m* aparecen con 13,3% y 12,4%, respectivamente, indicando la mayor estabilidad del ion positivo sobre el negativo o que ambos son igualmente estables pero con un átomo neutro menos estable que ellas. Las razones planteadas para la elección de mayor estabilidad iónica respecto a la del átomo neutro se vinculan con la Regla del Octeto. La consideración más frecuente de la mayor estabilidad del ión positivo respecto del ión negativo, que también tiene capa completa, se vincula con características de interacción eléctrica entre partículas.

Opción elegida	Grupo VV	%	Grupo FG	%	Total	%T	Significado de la opción múltiple
a - f - k	9	14,8	18	40,9	27	25,7	Fija el orden a partir del ión de carga positiva, de acuerdo al aumento de su contenido electrónico
a - f - m	12	19,7	2	4,5	14	13,3	Considera las especies iónicas, a partir del ión positivo, más estables que el átomo
a - f - o	2	3,3	-	-	2	1,9	Considera al ión Na (+1) más estable pero no puede establecer jerarquía entre átomo e ión negativo
a - g - m	8	13,1	5	11,4	13	12,4	Considera a las especies iónicas de igual estabilidad y mayor al átomo
a - h - m	-	-	1	2,3	1	1,0	Explícitamente expresa que el ión Na (+1) más estable que el átomo, desconocimiento de cualquier jerarquía entre iones o entre ion negativo y átomo
a - j - o	1	1,6	-	-	1	1,0	Explícitamente expresa que el ión Na (+1) más estable que el átomo, desconocimiento de cualquier jerarquía entre iones o entre ion negativo y átomo
a	3	4,9	-	-	3	2,9	Sólo establece que el ión Na (+1) es más estable que el átomo
b - f - k	1	1,6	1	2,3	2	1,9	Establece que el ión Na (+1) es tan estable como el átomo, pero el ion negativo tiene menos estabilidad que ambas especies
c - e - k	1	1,6	-	-	1	1,0	Presenta contradicción en orden jerárquico, aunque establece que el átomo es más estable que las otras especies, no sabe respecto la relación entre ión Na (+1) y átomo
c - f - k	9	14,8	12	27,3	21	20,0	Establece que el átomo es más estable que las especies iónicas, siendo el ión positivo más estable que el ión negativo
c - f - m	1	1,6	-	-	1	1,0	Contradicción orden jerárquico. Mientras átomo es más estable que las especies iónicas, no lo es respecto el ión negativo, aunque el ión positivo es más estable que el ión negativo
c - g - k	5	8,2	-	-	5	4,8	Considera que el átomo es más estable que las especies iónicas, las que son igualmente estables
c - h - k	1	1,6	-	-	1	1,0	Establece un orden donde el átomo es más estable que el ión negativo y éste más que el ión positivo
c - h - l	-	-	1	2,3	1	1,0	Establece igual estabilidad entre átomo e ión negativo, ambos más estables que el ión positivo
c - h - m	2	3,3	1	2,3	3	2,9	Contradicción orden jerárquico. Mientras átomo es más estable que las especies iónicas, no lo es respecto el ión negativo, aunque el ion negativo es más estable que el ión positivo
c - i - n	-	-	1	2,3	1	1,0	Establece que el ión positivo es menos estable que el átomo y posee una relación distinta entre el ión negativo y el átomo
c - j - k	1	1,6	2	4,5	3	2,9	Considera al átomo más estable que las especies iónicas, aunque no conoce relación entre iones
d - f - k	1	1,6	-	-	1	1,0	Aunque de forma propia, considera al ión positivo más estable que el átomo y éste respecto al ión negativo,
d - i - k	1	1,6	-	-	1	1,0	Considera átomo más estable que ion negativo, las relaciones entre el ión positivo y las otras especies consideración propia
e - j - m - o	1	1,6	-	-	1	1,0	Establece solamente mayor estabilidad del ion negativo respecto del átomo y no puede establecer su certeza en este y los otros casos

Tabla4. Frecuencia de ternas de incisos elegidas por los estudiantes

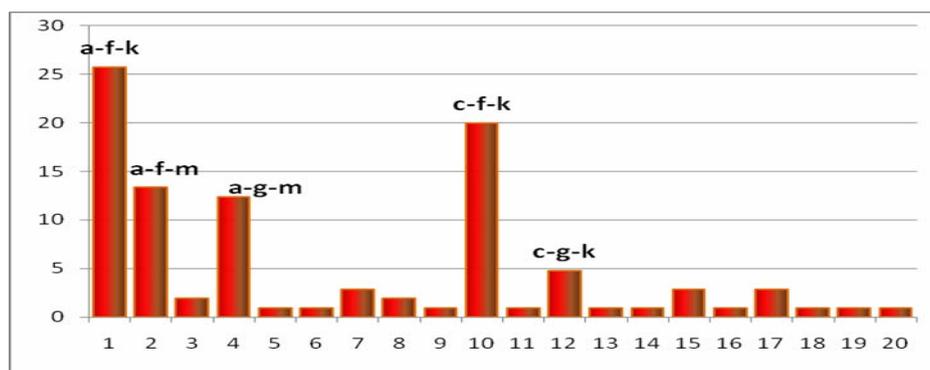


Figura 1. Distribución porcentual de ternas de Ítems elegidos por los estudiantes

CONCLUSIONES

En relación con los conceptos y modelos usados por los estudiantes al enfrentar la cuestión de estabilidad de las especies, se ha observado que:

- Las opciones más consideradas son aquellas donde las formas iónicas se consideran más estables que el átomo neutro, lo cual coincidiría con el hecho de considerar como factor de estabilidad a la Regla del Octeto, es decir, un modelo de capas electrónicas completas como el incluido en la encuesta.
- Los criterios sobre la estabilidad en las especies iónicas positiva y negativa, surgirían de un modelo centrado en la cantidad de electrones dentro de la estructura, independiente del modelo de capas planteado y de la carga nuclear.
- También independientemente del modelo de capas planteado, las opciones elegidas de mayor estabilidad de la especie atómica parecieran basarse en la inexistencia de interacción eléctrica entre estas especies y entornos no explicitados.

Por otra parte, la diferente dispersión de respuestas observadas entre ambos grupos y el hecho de la escasa argumentación para relacionar la estabilidad del sistema respecto de su interacción con el medio externo, pareciera indicar diferentes formas de trabajo docente en el aula. Para profundizar este aspecto, se hará necesario complementar las encuestas utilizadas con entrevistas semi-estructuradas, a estudiantes y docentes del curso encuestado.

BIBLIOGRAFÍA

Coll, R. K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *J. of Turkish Science Education*, 5(1), 22-47.

Espíndola, C. y Cappannini, O. M. (2005). La discusión coordinada: una herramienta de evaluación formativa. *Ens. de las Ciencias .Número Extra. Volumen Especial*, 5 páginas.

Mortimer, E., Mol, G y Pains, L. (1994). Regra do octeto e teoria da ligacao química no ensino médio: dogma ou ciencia? *Química Nova*, 17(2), 243-252.

- Pozo J.L. y Gómez Crespo, M. A. (1998). *Aprender y Enseñar Ciencia*. (Madrid: Morata).
- Taber, K.S. (1995). The octet rule: A pint in a quart pot? *Education in Chemistry*, 32(3), 84.
- Taber, K.S. (1997). Student understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework. *School Science Review*, 78(285), 85-95.
- Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), 597-608.