

## LOS ESTUDIANTES, SUS EXPLICACIONES Y FUNDAMENTOS EN LA ESTABILIDAD QUÍMICA

*ESPINDOLA, CARLOS<sup>(1)</sup>; CAPPANNINI, OSVALDO<sup>(2)</sup>*

<sup>1</sup> Fac. de Humanidades y Ciencias de la Educación, UNLP. Fac. Ciencias Médicas (UNLP). <sup>2</sup> Fac. de Ciencias Exactas. UNLP.115 Y 47 La Plata e IFLYIB (CONICET-UNLP).

<sup>1</sup> [carespin@yahoo.com](mailto:carespin@yahoo.com). <sup>2</sup> [omcappa@yahoo.com.ar](mailto:omcappa@yahoo.com.ar)

### RESUMEN

En el presente trabajo se muestran resultados de un análisis, de tipo fenomenográfico, sobre fundamentos y criterios utilizados por estudiantes de química universitaria cuando se los interpela acerca de la estabilidad de especies de nivel atómico. Se encuentra que estudiantes de distintas cohortes y aún de distintos grupos de una misma cohorte, manifiestan un amplio rango de opciones al caracterizar la estabilidad del sistema planteado. Asimismo, se observa una profusión en la variedad de fundamentos empleados en la justificación de una misma opción de estabilidad. Un tratamiento de tipo fenomenográfico sobre estas fundamentaciones permite agruparlos en varias categorías que se sitúan desde lo transmitido en el proceso de enseñanza hasta la ausencia de justificación. Es posible introducir estas categorías de manera de expresar los aspectos de la estructura cognitiva involucrada según sea la naturaleza de las respuestas, la relación entre los interrogantes planteados y los imperativos generados que obligan en los sujetos a sus manifestaciones. El aspecto jerárquico puesto en evidencia en esa tipología puede entonces ser considerada en actividades de aula para la incorporación conceptual y la evaluación.

**Palabras clave:** Evaluación, concepciones, estabilidad, especie atómica.

## INTRODUCCIÓN

Resulta de gran importancia para el docente el desarrollo de alternativas de aula que le permitan conocer en qué fundamentan sus estudiantes las decisiones en la resolución de problemáticas desde el marco de la química. Lograr este objetivo resulta dificultoso si son utilizados los instrumentos tradicionales en evaluación de contenidos. Sin embargo, podría ser posible considerar una perspectiva fenomenográfica en el tratamiento de lo expuesto por dichos estudiantes para identificar estos argumentos.

Por otra parte, las distintas formas evaluativas tradicionales requieren para su concreción de un planteamiento inquisitivo que los estudiantes deben satisfacer. El uso de distintos instrumentos de evaluación logra diferentes grados de profundidad en el conocimiento de aquello que los estudiantes manifiestan acerca de conceptos científicos. En este sentido, considerando que la respuesta de los seres humanos a interrogantes se realiza, respondiendo a mecanismos de orden social y psicológico (Taber *et al.*, 2000), mediante recursos cognitivos de distinta índole, es posible tipificar las respuestas obtenidas. Dicha caracterización puede resultar apropiada para lograr una visión más general del pensamiento del conjunto de estudiantes y establecer posibles líneas de acción en el trabajo en el aula (Coll, 2008).

La didáctica de la Química, desde hace décadas, ha planteado como uno de los objetos de estudio las formas en que los estudiantes incorporan y utilizan conceptos en la resolución de situaciones problemáticas. Pozo y Gómez Crespo (1998) plantean: “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”. Por ejemplo, Taber (1995) analizó los criterios usados por un grupo grande de estudiantes al considerar la estabilidad de una especie química y Mortimer (1994) aquellos utilizados por estudiantes al evaluar la posibilidad de una reacción química.

Precisamente, el tratamiento de conjuntos de datos provenientes de grandes grupos resulta apropiado para conocer las condiciones en que se desarrolla la práctica docente pero presenta dificultades de orden metodológico (Espíndola *et al.*, 2012). El punto de vista fenomenográfico (Marton, 1981; Ebenezer *et al.*, 2001) permite manejar los inconvenientes. Para ello, se parte de no establecer categorías a priori sino que las mismas se generan a partir de un proceso de agrupamiento de respuestas similares de los encuestados, caracterizando el denominado espacio de representaciones en relación con el tema considerado. La posibilidad de agrupar las respuestas en función de similitudes que conduzcan a generalidades y de ellas a categorías, requiere de una disposición particular de los datos obtenidos.

Por otra parte, la utilización de una encuesta para obtener esta información, desde el punto de vista comunicacional, resulta en una interacción entre docente y estudiante y en este sentido diversos autores (Duschl *et al.*, 1992, y Hewson *et al.*, 1984 en Taber *et al.*, 2000) describen una manera de concebir el nexo comunicativo en las interacciones sociales que se producen entre seres humanos cuando una persona interroga a otra. En tal situación el interrogado se encuentra impelido a contestar a través de ciertos mandatos de distinto orden llamados imperativos. Tales imperativos pueden ser de orden social, si son satisfechos apelando a aspectos ordinarios de la estructura cognitiva del sujeto produciéndose respuestas de orden general, tales como aquellas que ayudan a situar el entorno común de ambos actores de la interacción. Sin embargo, en ocasiones la respuesta debe apelar a elementos de la estructura cognitiva de mayor precisión; en tal caso el imperativo llamado metafísico requiere de una explicación para ser satisfecho. Y es de mayor precisión aun cuando la explicación demanda de los elementos específicos del conocimiento científico (Figura 3).

En particular, la idea de estabilidad en 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 (Taber 1995, 2001(II), 2009). Conocer las ideas que los estudiantes enuncian 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 (Espíndola *et al.*, 2012).

### **CARACTERIZACIÓN DEL GRUPO ANALIZADO**

La encuesta fue realizada sobre dos cohortes (2008 y 2011) de estudiantes de carreras de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP. En la primera se seleccionaron dos grupos, uno de 44 estudiantes (denominado FF) y otro (VV) con 61 integrantes, que eran a su vez, sendas comisiones de Química General, materia del segundo cuatrimestre de primer año de esa Facultad, mientras que en la segunda, con un total de 247 estudiantes finalizando un curso de Química Inorgánica (materia de primer semestre de 2do año de la misma Facultad) se escogieron seis grupos denominados M1, M2, T1, T2, N1 y N2 respectivamente.

La intención era detectar las ideas acerca de estabilidad y su relación con las interacciones, nociones tratadas habitualmente 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, 2001).

### **INSTRUMENTO DE ANÁLISIS**

El análisis al que haremos referencia en este trabajo corresponde a uno de los ítem de una encuesta (Figura 1 en Anexo) apuntado al estudio de interacciones entre componentes y estabilidad en diferentes sistemas (iones en medio líquido, especies atómicas y red cristalina). En las respuestas a esta cuestión se esperaba obtener indicios sobre los criterios usados por los estudiantes para identificar la estabilidad de entidades atómicas, la posible utilización de procedimientos basados en reglas operativas en oposición al uso de premisas conceptuales (Mortimer, 1994; Taber, 2009) y también las nociones que pudieran surgir sobre objeto de estudio e interacción (Pozo *et al.*, 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 Figura 2 se expone un gráfico con las opciones de los estudiantes, en términos de frecuencias porcentuales, para las tríadas de estabilidad comparativa entre las tres especies atómicas indicadas en la Figura 1. Se observa que la más significativa para casi todas las comisiones y las diferentes opciones, “afk”, corresponde al orden de estabilidad:  $Na^{+} > Na > Na^{-7}$ . El porcentaje varía desde un 15% hasta un 65% aproximadamente.

En el marco de análisis elegido, de tipo fenomenográfico, se examinaron sólo las justificaciones escritas por los estudiantes que han optado por la tríada “afk”. Duschl *et al.* (1992), (en Taber y Watts, 2000) han considerado la relación entre las respuestas a interrogantes en relación al grado de especificidad de la estructura cognitiva utilizada para

satisfacer desde conocimientos más generales hasta los conocimientos científicos muy específicos y las zonas empleadas para satisfacer los requerimientos al formular interrogantes.

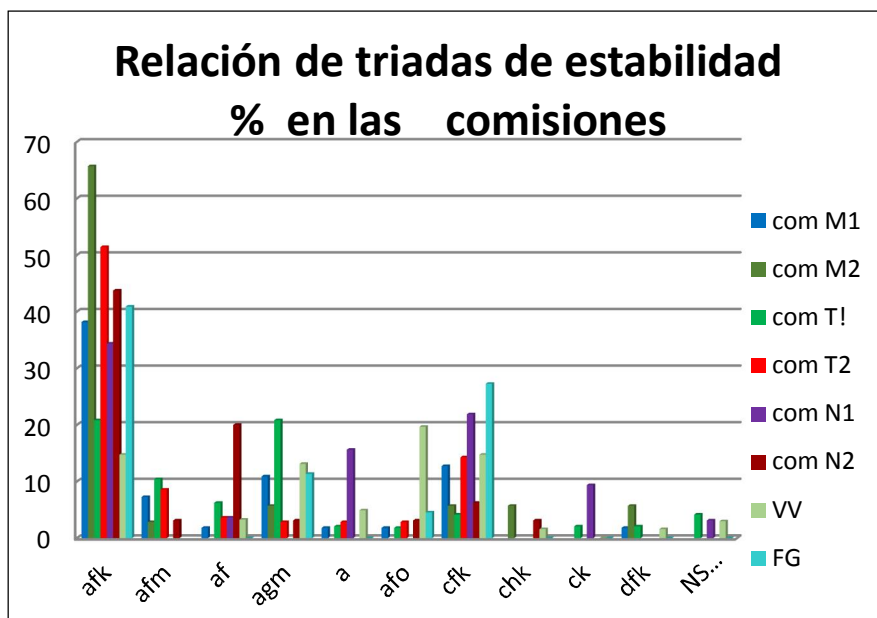


Figura 2. Distribución de las opciones de estabilidad comparativa de las tres especies atómicas en las triadas indicadas en la encuesta

Las justificaciones empleadas pueden ser consideradas de acuerdo a la especificidad de los conocimientos usados por los estudiantes. En un caso los lleva a argumentar explicaciones fundamentadas (imperativo metafísico) mientras que en otros casos se mantiene en forma implícita el imperativo social (Taber *et al.* 2000). Cuando se proponen explicaciones, según los fundamentos usados, pueden subdividirse en:

### Explicaciones tipo A

Las de aquellos estudiantes que justifican su opción mediante la regla del octeto; por ejemplo (en los ejemplos siguientes, se indica el grupo y el número que identifica a cada estudiante):

M1. 54: “Los elementos tienden a alcanzar el octeto (ocho electrones en su capa más externa). En general, los metales tienden a perder electrones para alcanzarlos y formar iones positivos de diferentes cargas, según cuantos electrones hayan perdido.”

T2. 150: “Como en el esquema A se encuentra completo el octeto se encuentra estable al igual que el esquema C pero como este último está en un nivel de energía mayor, más alejado del núcleo, los electrones de ese nivel son más fáciles de quitar. En el esquema B no se completa el octeto por lo que queda inestable la molécula.”

VV. 1: “Pienso que la más estable es la A debido a que tiene completa su última capa de valencia.”

### Explicaciones tipo B

Las justificaciones basadas en interacciones eléctricas (sea electrón – núcleo o entidad de tipo atómica – medio ambiente); por ejemplo:

M1. 10: “Na-7 es el más inestable porque posee un exceso muy grande de electrones en relación con su carga nuclear.”

T1. 132: “Desde A hasta C, la fuerza atractiva del núcleo se tiene que repartir cada vez en más electrones.”

T2. 177: “Al haber menor cantidad de electrones, la fuerza de atracción será mucho mayor, dándole estabilidad al ion. Esto se debe al incremento de la carga efectiva con el decrecimiento de su cantidad de electrones.”

N1. 212: “En las estructuras B y C tienen electrones en la última capa de valencia lo cual es más fácil de quitar. En la estructura A los electrones están más cerca del núcleo y es más difícil de sacar el o los electrones.”

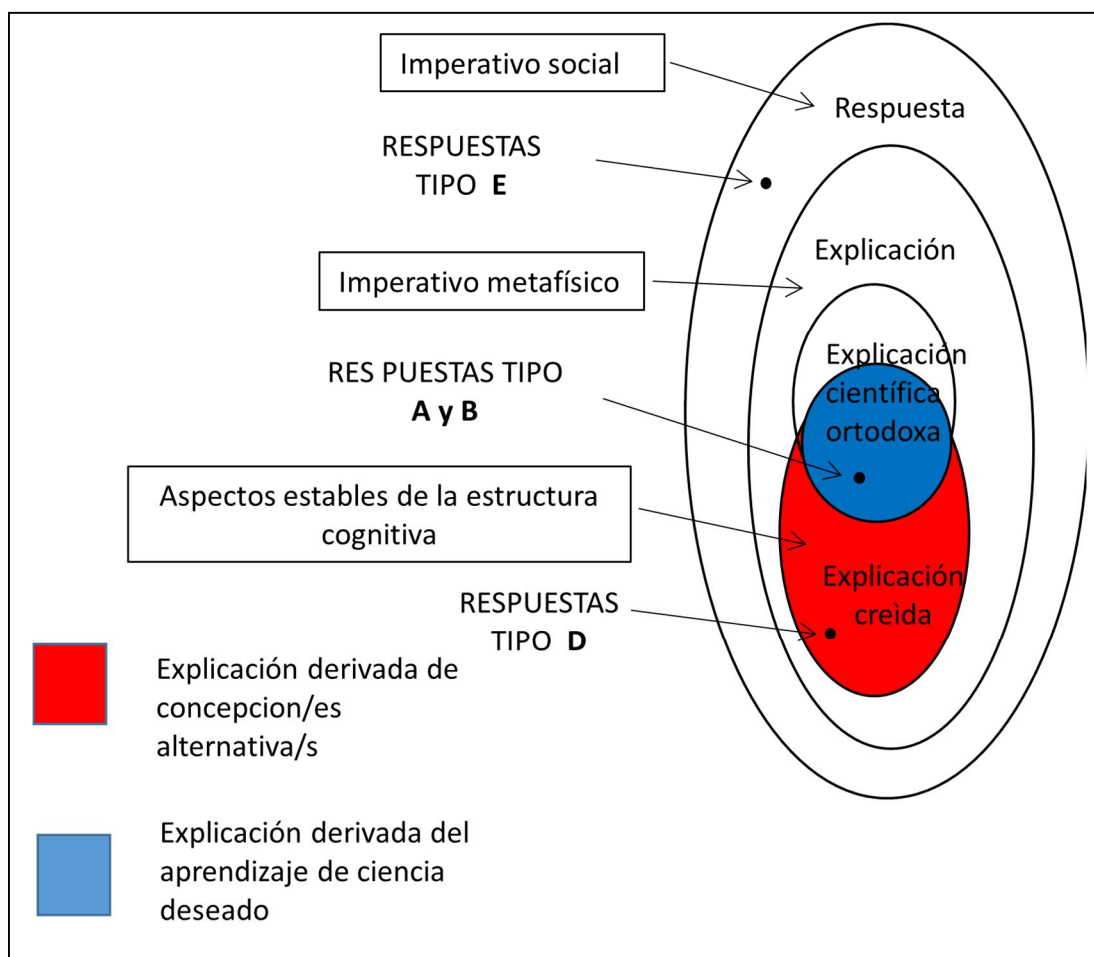


Figura 3. La estructura cognitiva como zonas internas de especificidad creciente y como son empleadas para satisfacer los imperativos planteados al formular interrogantes.

Estos dos tipos (A y B), correspondientes al conocimiento científico son el resultado de la utilización de conceptos o reglas adquiridas en la instrucción y aplicadas a la problemática planteada. Sobre ellas puede discriminarse lo que pareciera antagónico: por una parte la utilización de la regla del octeto (A) surge como una imposición que no requiere más que una consideración somera del sistema en estudio mientras que el uso de conceptos de interacción electrostática (caso B) parece solicitar a los estudiantes cierta profundización racional en las características de la situación planteada (ver zona central azul de la Figura 3).

### Explicaciones tipo C

Las que acuden a una visión antropomórfica en sus fundamentaciones.

Los casos de estas expresiones son citados en la bibliografía (Taber *et al.*, 1996; Gudyanga, 2014) con dos variaciones: aquellas en las que el sistema pareciera dirigido por un pensamiento teleológico y las que utilizan esa forma expresiva sólo para simplificar proposiciones claramente entendidas. Aunque estas variaciones no son posibles de individualizar con el instrumento de recolección de datos utilizado aquí, cabe destacar que las expresiones de este tipo contienen la discriminación citada en las categorías anteriores, individualizándolas como:

C1- a las relacionadas con el tipo A; por ejemplo:

T1. 116: “A más estable que B porque el átomo de Na prefiere perder un electrón porque la capa semiplena es más estable.”

N1. 207: “El Na tiende a perder electrón para llegar a la configuración del gas noble más cercano, por este motivo, es más estable el Na<sup>+</sup> que el Na.”

FF. 34: “A es más estable que B porque ese último electrón que tiene en el último orbital, lo va a preferir dar que quedarse con él. A es más estable que C por que soporta mejor una carga positiva que una carga negativa. B es más estable que C porque no soporta estar cargada negativamente.”

C2- relacionadas al tipo B; por ejemplo:

M1. 12: “A es más estable que C porque los electrones sienten más repulsión entre ellos.”

N1. 207: “Pero no es estable el Na-7 por la (carga efectiva) que tiene que poner en juego.”

### **Explicaciones tipo D**

Las que contemplan concepciones propias de los estudiantes (a veces denominadas concepciones alternativas).

En este grupo incluimos aquellos casos donde las concepciones utilizadas en la satisfacción de imperativos contienen argumentos adquiridos mezclados con concepciones propias de los estudiantes. La zona de la estructura cognitiva utilizada en estas opciones para la satisfacción del imperativo metafísico tendría escasa especificidad respecto de la del conocimiento científico y más semejante al conocimiento cotidiano (ver Figura 3, zona roja). Según esos argumentos se pueden subdividir en:

D1- Aquellas cuyos argumentos que proceden de la regla del octeto modificado con agregado de otras consideraciones o bien aplicación de regla del octeto no adecuada al sistema en estudio; por ejemplo:

M1.26: “A es la especie más estable, ya que el radio tiende a estar como Na<sup>+</sup>, adoptando la forma del gas noble más cercano.”

N1.191: “Porque Na<sup>+</sup> es más estable porque tiene la configuración de un gas noble, y entre Na y Na-7 supongo que al Na le cuesta menos alcanzar la configuración de un gas noble que el Na-7.”

M2. 69: “A es más estable que B porque tiene 8 electrón en el último orbital. A es más estable que C porque es más común encontrarlo, es decir, que es más común que el sodio pierda un electrón a que gane 7. B es más estable que C porque es difícil (o con imposible) que se de la especie C.”

D2- Aquellas cuyos argumentos tienen en cuenta interacciones de tipo eléctrico asociadas a criterios personales o bien donde la utilización de esas interacciones eléctricas está fuera del contexto estudiado; por ejemplo:

M1.12: “A es más estable que B, porque los electrones están más cercanos al núcleo. A es más estable que C porque los electrones sienten más repulsión entre ellos.”

M1. 45: “A es más estable que B. El sodio se encuentra mayormente como catión, tiene un alto poder polarizante. A es más estable que C. Tiene baja electronegatividad, por eso tiende a perder los electrones.”

T1.132: “Desde A hasta C, la fuerza atractiva del núcleo se tiene que repartir cada vez en más electrones.”

T1. 125: “A es más estable que B porque es más difícil arrancar un electrón de la última órbita de A que de B. El electrón de la última capa de B será removido más fácil. Lo mismo ocurre con C que va a ser mucho más fácil arrancarle un electrón de la última órbita.”

D3- Aquellas cuyos argumentos requieren de sus conclusiones como antecedentes, es decir, expresiones de tipo cíclico que se encuentra en forma implícita debido a la naturaleza del instrumento utilizado; por ejemplo:

T1.102: “El ion más estable que forma el sodio es  $\text{Na}^+$  porque puede adquirir solo estado de oxidación +1.”

M1. 46: “El átomo de sodio será más estable que C porque tiene todos los electrones que le corresponden, el átomo  $\text{Na}^-7$  tiene 7 electrones de más. El átomo  $\text{Na}^+$  tiene un e- menos, por lo que será más estable que  $\text{Na}$ .”

M1. 54: “Los elementos tienden a alcanzar el octeto (ocho electrones en su capa más externa). En general, los metales tienden a perder electrones para alcanzarlos y formar iones positivos de diferentes cargas, según cuantos electrones hayan perdido.”

T2. 170: “La más estable es el  $\text{Na}^+$ , figura A. La especie  $\text{Na}^+$  es la más estable porque es la que forma distintos compuestos y se presenta en iones.”

D4. Aquellas que usan razonamientos autosustentables. Habitualmente definiciones o expresiones incorporadas en su instrucción y que de alguna manera, no del todo definidas, están relacionadas con la problemática a explicar; por ejemplo:

M1 19: “El sodio tiene un potencial de reducción muy chico, entonces tiende a estar como catión  $\text{Na}^+$ , debido a su naturaleza metálica. Los aniones de metales tan electropositivos como el  $\text{Na}$  son poco comunes. Por eso el  $\text{Na}^+$  es el más estable de los tres.”

T1. 119: “Porque tiene menos tendencia a reaccionar con otros átomos.”

T2. 170: “La más estable es el  $\text{Na}^+$ , figura A. La especie  $\text{Na}^+$  es la más estable porque es la que forma distintos compuestos y se presenta en iones.”

M1.51: “La estabilidad vista desde el lado que una configuración electrónica del gas noble más cercano implica cierta estabilidad adicional. Pero también es relativo en cuanto a que especie esté cerca en el sentido del potencial de reducción.”

M1.47: “El sodio es más estable en su forma catiónica ( $\text{Na}^+$ ) por cómo se encuentra en la naturaleza.”

D5. Respuestas con razonamientos contradictorios: las que utilizan no menos de dos criterios en la explicación y a menudo tales conceptos usados en la fundamentación son contrapuestos; por ejemplo:

M2. 85: “El Na<sup>+</sup> es el más estable, ya que completa con los 8 electrones de su última capa, lo que le da una mayor estabilidad al tener llenos sus orbitales p.”

N1. 191: “Porque Na<sup>+</sup> es más estable porque tiene la configuración de un gas noble, y entre Na y Na-7 supongo que al Na le cuesta menos alcanzar la configuración de un gas noble que el Na-7.”

### **Explicaciones tipo E**

Son las respuestas sin argumentación, es decir, se optó por “afk” sin agregar fundamentos.

Son los casos en que la opción “afk” se ha seleccionado sin fundamentarla. Estos casos podrían pensarse como intervenciones realizadas en el área de satisfacción de imperativos sociales pero con muy escasos recursos conceptuales, que la modalidad del instrumento utilizado posibilita no expresar (ver Figura 3).

## **CONCLUSIONES**

Las explicaciones identificadas en las respuestas de los estudiantes se enmarcan en dos ideas dominantes: la asociada a la regla del octeto y aquella vinculada a la interacción electrostática.

Por otra parte, la diferente dispersión de respuestas observadas en todos los grupos y el hecho de la escasa argumentación para relacionar la estabilidad del sistema respecto de su interacción con el medio externo no explicitado, pareciera indicar diferentes formas de trabajo docente en el aula. Específicamente, considerar como factor de estabilidad con el mismo orden de jerarquía conceptual, a la regla del octeto o a las interacciones eléctricas para las especies atómicas (tipificados como A y B), debe ser discutido a fin de relativizar las reglas heurísticas, comunes en la enseñanza de la química, en relación con los conceptos científicos que las sustentan.

Las variantes encontradas en relación a estas dos ideas pueden entenderse también desde el esquema incluido en la Figura 3 (Taber *et al.*, 1996) como variaciones surgidas esencialmente de imperativos metafísicos y sociales.

Siguiendo a Duschl *et al.* (1992) y Hewson *et al.* (1984), lo expresado por estos estudiantes puede situarse dentro de un campo de respuestas que, como seres sociales, los individuos se ven impelidos a efectuar ante preguntas o requerimientos expresos de quienes interaccionan con ellos. En dicho campo estos requerimientos se plantean como imperativos que, cuando son de orden general, se denominan sociales y corresponden a aquellos en los que las respuestas no conllevan explicaciones o fundamentaciones de cierta profundidad temática. Es decir, aquellas respuestas destinadas a mantener el nexo comunicativo entre las personas. Por otra parte, aquellas respuestas que se expresan ante demandas que obligan a explicaciones fundamentadas específicamente (como en el presente caso), se dice que obedecen a imperativos metafísicos y las respuestas sobre estos campos explicativos se realizan según las herramientas conceptuales que se poseen (dentro de la estructura cognitiva), sea provenientes del conocimiento cotidiano o bien del conocimiento científico.

Las respuestas planteadas como conocimiento cotidiano estarían manifestando un grado de aproximación conceptual desde lo usual al conocimiento científico, requerido a través de los imperativos de interacción social. Esto surgiría de ordenar las respuestas en orden creciente de especificidad (desde lo más coloquial a los conceptos científicos).

Dado que los conceptos (como regla del octeto e interacción electrostática) utilizados por los estudiantes en sus explicaciones han sido recibidos en la instrucción, una interpretación posible desde una mirada tradicional ubicaría algunas de las respuestas como erróneas sin



tenerlas en cuenta como parte de un proceso de aproximación conceptual hacia el conocimiento científico ortodoxo.

Dada la variedad de fundamentaciones que llevan a los estudiantes a una respuesta mayoritaria, parecen resultar poco adecuadas las formas tradicionales de evaluar si los conceptos han sido comprendidos y pueden ser manejados por ellos. Esto coloca la atención en qué se debe preguntar cuando intentamos evaluar, dado que las respuestas supuestamente correctas que se logran parecen no ser suficientemente representativas de aquello que los estudiantes utilizan conceptualmente. En esta perspectiva diferente de la tradicional, sería el trabajo docente un factor importante en ese proceso de transición desde lo coloquial a los conceptos científicos.

El carácter antropomórfico, por su parte, podría surgir tanto desde una concepción efectivamente antropomorfa (algunos autores, como Talanquer (2007), asocian estas explicaciones con perspectivas teleológicas) como de un abuso del lenguaje trasladado desde textos e instrucción. Esta distinción no puede ser profundizada con el instrumento utilizado y requeriría de entrevistas planificadas con ese objetivo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Coll, R. K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1): pp. 22-47.
- Duschl, R.A., y Hamilton, R. J. (1992). Viewing the domain of science education. En Duschl, R. & Hamilton R. (eds). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology, and Educational Theory and Practice, Introduction*, pp. 1-18. Albany, NY: State University of New York Press.
- 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
- Espíndola, C. R. y Cappannini, O. M. (2012). Obstáculos en la evaluación diagnóstica. Una propuesta de superación mediante la identificación de modelos presentes en el curso, *Educ. Quím.*, 23(4): pp. 484-491.
- Gudyanga, E. (2014). Anthropomorphic Notion of Atoms, the Etiology of Pedagogical and Epistemological Learning Proactive Interference among Chemistry Learners: Implications. *Science Journal of Education*, 2( 2): pp. 65-70.
- Hewson, P. W. & Hewson, M. G. A. B. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, pp.1-13.
- Marton, F. (1981). Phenomenography-describing conceptions of the world around us. *Instructional Science*, 10: pp. 177-200,.
- 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): pp. 243-252.
- Pozo, J. y Gómez Crespo, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.

- Taber, K.S. (1995). The octet rule: A pint in a quart pot? *Education in Chemistry*, 32(3): pp.84-93.
- Taber, K. S; Watts, M. (1996) The secret life of the chemical bond: students' anthropomorphic and animistic references to bonding, *International Journal of Science Education*, 18(5): pp. 557-568.
- Taber, K.S. (1997). Student understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework. *School Science Review*, 78(285): pp. 85-95.
- Taber, K.S. (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. S. (2001): Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions, *International Journal of Science Education*, 23(7): pp.731-753.
- Taber, K. S. (2001, II). The mismatch between assumed prior knowledge and the learners' conceptions: A typology of learning impediments. *Educational Studies*, 27(2), 159-171.
- Taber, K. S; Watts, M. (2000) Learners' explanations for chemical phenomena *Chemistry education: research and practice in europe*1(3): pp. 329-353.
- Talanquer, V. (2007) Explanations and teleology in Chemistry Education. *International Journal of Science Education*. 29(7): pp. 853–870.

ANEXO

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

**A: Na<sup>+</sup>**

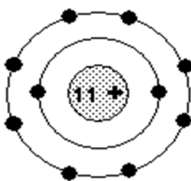


figure A:  
the sodium one plus ion

**B: Na**

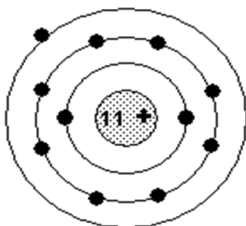


figure B:  
the sodium atom

**C: Na<sup>7-</sup>**

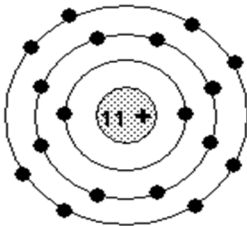


figure C:  
the sodium seven minus ion

Respondé 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.

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

Figura 1. Ítem de la encuesta referido a la estabilidad de especies atómicas