

# Incidencia del trabajo de aula en las ideas de estabilidad e interacción en estudiantes universitarios

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

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

<sup>1</sup>Grupo de Didáctica de las Ciencias, IFLYSIB (CONICET-UNLP), Calle 59 N° 789, La Plata 1900, Argentina.

<sup>2</sup>Taller de Enseñanza de Física y Grupo de Investigación del Espacio Pedagógico, Facultad de Ciencias Exactas, UNLP, La Plata, 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@iflysib.unlp.edu.ar

## Resumen

En este trabajo se analiza la posible relación entre los resultados de una encuesta de características diagnósticas sobre representaciones acerca de estabilidad e interacciones en especies atómicas, realizada a estudiantes de dos comisiones diferentes de un curso de Química introductoria en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) al finalizar su primer año, y las concepciones de sus respectivos docentes respecto de estos temas, además de su abordaje en el aula. Se encuentran similitudes y notables diferencias entre ambos grupos de la misma cohorte evidenciándose además que, al igual que lo indicado en otros trabajos de investigación, los estudiantes emplean una multiplicidad de modelos en sus respuestas. La particular dispersión observada en los modelos que refleja cada grupo de estudiantes muestra cierta vinculación con las ideas y el trabajo de sus respectivos docentes en el aula, obtenidas a través de entrevistas semiestructuradas y encuestas específicas.

**Palabras clave:** Estabilidad química, Interacciones, Modelos, Regla del octeto, Trabajo de aula.

## Abstract

This article analyzes a possible connection between the results obtained from a diagnostic survey concerning representations on stability and interactions in atomic species, answered by students belonging to two different classrooms from an introductory Chemistry course at the Facultad de Ciencias Exactas (UNLP) and ending their first year, and the conceptions expressed by their respective teachers about these subjects and their in-class approach. Similarities and significant differences have been found between both groups of students from the same cohort and, as also shown in other research articles, a multiplicity of models that appear in their answers. The particular dispersion observed in the models used by each group of students show some consistency with their teachers' ideas and related classroom activities, obtained through semi structured interviews and specific surveys.

**Keywords:** chemical stability, interactions, models, octet rule, classroom work.

## I. INTRODUCCIÓN

Resulta de gran importancia identificar las ideas que los estudiantes usan cuando resuelven situaciones problemáticas en Química a través de instrumentos adecuados (Taber, 1998; Espíndola y Cappannini, 2005; Espíndola y Cappannini, 2012) ya que permite al docente plantear instancias de aula que consideren las nociones alternativas y proponer esquemas epistemológicos apropiados para el desarrollo conceptual-disciplinar (Coll, 2008). Operar con la idea de estabilidad en sistemas materiales implica evaluar, por un lado, las interacciones entre el sistema en estudio considerado y su entorno y analizar el efecto de esas interacciones sobre el estado del sistema. Esto permite afianzar tanto el conocimiento disciplinar como las herramientas metodológicas implícitas esenciales en el estudio de las Ciencias Naturales: identificación del objeto o sistema de estudio y los diferentes contextos, o entorno, en el que se puede encontrar sin cuya consideración resulta imposible establecer la situación del objeto de interés y su

evolución. Taber (1995, 1997), al estudiar los criterios usados por estudiantes sobre la estabilidad de una especie química, encuentra que un alto porcentaje de ellos presenta escaso manejo de herramientas conceptuales y que aplican la Regla del Octeto considerándolo un dispositivo heurístico de predicción. Otros trabajos sobre representaciones (Coll, 2008; Taber, 2010; Luxford y Bretz, 2013) y actividades de indagación diagnóstica (Espíndola y Cappannini, 2005 y 2012) han contribuido a estas afirmaciones. Al aplicar la Regla del Octeto como 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 tornándolos en instrumentos infalibles de predicción (Taber, 1997).

Levy Nahum y otros (2007) sostienen, al igual que Taber (2001, 2002, 2009), que las ideas de los estudiantes sobre algunos temas centrales de Química (como los asociados a enlace químico) provienen mucho más de una enseñanza sesgada por “ideas no científicas y simplistas” (tanto en textos como en el discurso docente) que de ideas previas surgidas de la interacción del alumno con su cotidianeidad. Resulta entonces de interés evaluar la incidencia del trabajo de aula sobre el uso de representaciones en estudiantes. Se propone aquí un análisis preliminar acerca de la relevancia del trabajo docente en el aula y su posible vinculación con la presencia de ideas alternativas en estudiantes universitarios sobre el tema interacciones y estabilidad. Para ello se analizarán tanto las respuestas obtenidas de una población estudiantil universitaria a una encuesta especialmente elaborada como a las afirmaciones obtenidas de docentes de la asignatura en el que esos estudiantes cursaban Química introductoria en entrevistas realizadas con posterioridad a concretar la encuesta.

## II. ASPECTOS METODOLÓGICOS

### A. Características del grupo analizado y del instrumento utilizado

La encuesta fue realizada en dos comisiones de Química General, materia del segundo cuatrimestre de primer año en la Facultad de Ciencias Exactas (UNLP), una de 44 estudiantes (denominada “A”) y la segunda (“B”) con 61 integrantes (Espíndola y Cappannini, 2009) a fines del 2008. Cabe señalar que, en el primer semestre, los estudiantes encuestados habían cursado Introducción a la Química, materia de carácter también general y en la que se abordan temas de estructura de la materia. Los docentes integrantes de este último curso fueron los mismos que, en el siguiente semestre, se hicieron cargo del dictado de Química General aunque no necesariamente continuaron con los mismos estudiantes que en el primer semestre. La encuesta estuvo orientada a identificar representaciones sobre interacciones entre partículas y estabilidad de especies químicas, se elaboró a partir de Taber (1995, 1997, 2009) y estuvo constituida por tres apartados con respuestas de opción múltiple y comentarios de cada estudiante. En las Tablas I y II se han incluido solamente los apartados 2 y 3 de la misma, que son los analizados en el presente trabajo.

El apartado 2 se refiere a interacciones entre iones de sodio y cloro de acuerdo con lo ilustrado en el Esquema 1 y, análogamente, entre un átomo de sodio y un anión no especificado en el Esquema 2 pretendiendo evaluar similitudes y/o diferencias en la elección de opciones. Ambos esquemas representan un corte en una red sólida; en el primer esquema hay dos iones identificados como “Na” y “Cl” y en el resto sólo se indica la carga mientras que en el segundo esquema se mantiene la indicación de cargas y sólo un ión (“Na<sup>+</sup>”) está nombrado. El apartado 2.2 permite a los estudiantes argumentar las razones de su elección para cada esquema además de posibilitar opciones no incluidas en el instrumento.

En el apartado 3, en cambio, se apunta a una comparación de la estabilidad de las tres variantes de sodio (átomo “Na”, anión y catión de la misma especie), con varias opciones incluidas en la tabla de respuesta que sigue al esquema. También en este caso, existe la posibilidad de argumentar acerca de las opciones elegidas.

Dos docentes de Química General (cada uno a cargo de uno de los grupos de estudiantes encuestados) fueron entrevistados sobre el trabajo de aula y perspectiva personal acerca de la enseñanza de los temas asociados a interacciones y estabilidad. La entrevista siguió un esquema semiestructurado de preguntas, algunas de las cuales se pueden encontrar en las Tablas V a VIII. Previamente se los había entrevistado en cuanto a la bibliografía recomendada a sus estudiantes.

**TABLA I.** Apartado 2 de la encuesta realizada a estudiantes de dos comisiones de Química General, 2008

2.1) Los esquemas siguientes representan parte de una capa en una red de cloruro de sodio sólido. ¿Podés identificar, mediante los términos de la Tabla siguiente, la interacción entre las partes señaladas en cada uno de los esquemas?

Esquema 1

Esquema 2

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

2.2) Si pensás que este tipo de interacción tiene otro nombre, ¿cómo lo denominarías? Describí detalladamente con tus propias palabras.

**TABLA II.** Apartado 3 de la encuesta realizada a estudiantes de dos comisiones de Química General, 2008.

3.1) ¿Cuál de las especies mostradas en el diagrama siguiente es más estable? Respondé en la Tabla que sigue:

**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

|                                   |                                  |                                  |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 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.                        |

3.2) ¿Por qué? Describí detalladamente con tus propias palabras.

### III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LA ENCUESTA A LOS ESTUDIANTES

En la Tabla III se resumen los resultados principales de las respuestas al apartado 2 de la encuesta para ambos grupos de estudiantes (simbolizados como “A” y “B”). Surge que, mayoritariamente y para ambos Esquemas ilustrados en la misma, los alumnos optan por “Atracción-fuerza-unión-química” aunque no en

el porcentaje esperado (resultaría deseable al menos el doble del porcentaje registrado después de un año de Química en el nivel universitario).

**TABLA III.** Opciones de interacción (en porcentaje) para partículas ordenadas y con carga eléctrica. A y B indican las dos comisiones encuestadas. Se han resaltado los porcentajes superiores a 8.

| Opciones                                 | Esquema 1   |             | Esquema 2   |             |
|--|-------------|-------------|-------------|-------------|
|  | % "A"       | % "B"       | % "A"       | % "B"       |
| Atracción                                | 9,1         | 9,8         | 6,8         | <b>19,7</b> |
| Fuerza                                   | 2,3         | 1,6         | 2,3         | 6,6         |
| Unión química                            | 4,5         | <b>23,0</b> | 6,8         | 6,6         |
| Otra cosa                                | 2,3         | 0,0         | 2,3         | 1,6         |
| Atracción-fuerza                         | 4,5         | <b>8,2</b>  | <b>13,6</b> | <b>11,5</b> |
| Atracción-unión química                  | <b>13,6</b> | 1,6         | <b>15,9</b> | 1,6         |
| Atracción-otra cosa                      | 2,3         | 0,0         | 2,3         | 0,0         |
| Fuerza-unión química                     | 4,5         | 4,9         | 0,0         | 4,9         |
| Atracción-fuerza-unión química           | <b>38,6</b> | <b>37,7</b> | <b>34,1</b> | <b>32,8</b> |
| Atracción-fuerza-otra cosa               | 2,3         | 4,9         | 2,3         | 4,9         |
| Atracción-unión química-otra cosa        | 0,0         | 0,0         | 2,3         | 0,0         |
| Fuerza-unión química-otra cosa           | 2,3         | 0,0         | 0,0         | 0,0         |
| Atracción-fuerza-unión química-otra cosa | <b>13,6</b> | 0,0         | <b>11,4</b> | 0,0         |
| No contesta                              | 0,0         | <b>8,2</b>  | 0,0         | <b>9,8</b>  |

Los porcentajes obtenidos por esta categoría resulta similar para ambos grupos (38,6 y 37,7 para el Esquema 1 y 34,1 y 32,8 para el 2 en las comisiones "A" y "B" respectivamente). Siguiendo con las similitudes, las categorías "Atracción" y "Fuerza-unión química" para el Esquema 1 (con 9,1 y 9,8%) y "Atracción-fuerza" para el Esquema 2 (con 13,6 y 11,5%), presentan porcentajes similares en ambos grupos. Aun así, lo que predomina en las categorías restantes a la mayoritaria son las diferencias. Para el Esquema 1, los estudiantes de la comisión "A" optan por "Atracción-fuerza-unión química-otra cosa" (con 13,6%) y "Atracción-unión química" (también con 13,6%) mientras que la comisión "B" elige "Unión química" (con 23%), "Atracción-fuerza" (con 8,2%) y "No contesta" (también con 8,2%). Para el Esquema 2 en tanto, los estudiantes de la comisión "A" muestran porcentajes mayores para "Atracción-unión química" (con 15,9%) y "Atracción-fuerza-unión química-otra cosa" (con 11,4%) mientras que la comisión "B" opta por "Atracción" (con 19,7%) y "No contesta" (con 9,8%, porcentaje notable inexistente en la comisión "A").

La Tabla IV corresponde al tercer ítem y muestra que el grupo "A" se ha centrado en tres ternas para describir la mayor estabilidad entre las especies consideradas: "a-f-k" (con 40,9%), "c-f-k" (con 27,3%) y "a-g-m" (con 11,4%) que totalizan casi el 80% de los estudiantes y evidencian el perfil de la comisión. En tanto, en el grupo "B" existe una dispersión mayor: a las ternas elegidas por el grupo "A" (con 14,8%, 14,8% y 13,1% respectivamente) se le añaden "a-f-m" (con 19,7%) y "c-g-k" (con 8,2%). Las ternas no incluidas no recibieron porcentajes notables de elección.

Cabe consignar que la opción "a-f-k" estima una disminución de la estabilidad en las especies consideradas al aumentar el número de electrones ( $\text{Na}^+ > \text{Na} > \text{Na}^-$ ). La "c-f-k" implica afirmar que la estabilidad del átomo es mayor que la de los iones. Las ternas "a-f-m" y "a-g-m" consideran a ambos iones más estables que el átomo. En estas respuestas el efecto de capa electrónica completa sería el argumento para la mayor estabilidad iónica respecto del átomo, aunque se discrepe respecto de la estabilidad entre las especies iónicas. La opción "c-g-k" implica afirmar que los iones presentan igual estabilidad entre sí pero menor que la del átomo.

La diferente distribución de respuestas exhibida por ambas comisiones pertenecientes a una misma cohorte, puesta claramente de manifiesto en las gráficas de las Figuras 1 y 2, induce a indagar por el trabajo en el aula de los docentes en cada comisión.

**TABLA IV.** Principales opciones elegidas por los estudiantes (en porcentaje) sobre la estabilidad de las partículas atómicas planteadas. A y B representan las dos comisiones encuestadas. Se han resaltado los porcentajes superiores a 8.

| Opción elegida | % Comisión "A" | % Comisión "B" |
|----------------|----------------|----------------|
| a-f-k          | <b>40,9</b>    | <b>14,8</b>    |
| a-f-m          | 4,5            | <b>19,7</b>    |
| a-f-o          | -              | 3,3            |
| a-g-m          | <b>11,4</b>    | <b>13,1</b>    |
| a-h-m          | 2,3            | -              |
| a-j-o          | -              | 1,6            |
| a              | -              | 4,9            |
| b-f-k          | 2,3            | 1,6            |
| c-e-k          | -              | 1,6            |
| c-f-k          | <b>27,3</b>    | <b>14,8</b>    |
| c-f-m          | -              | 1,6            |
| c-g-k          | -              | <b>8,2</b>     |
| c-h-k          | -              | 1,6            |
| c-h-l          | 2,3            | -              |
| c-h-m          | 2,3            | 3,3            |
| c-i-n          | 2,3            | -              |
| c-j-k          | 4,5            | 1,6            |
| d-f-k          | -              | 1,6            |
| d-i-k          | -              | 1,6            |
| e-j-m-o        | -              | 1,6            |

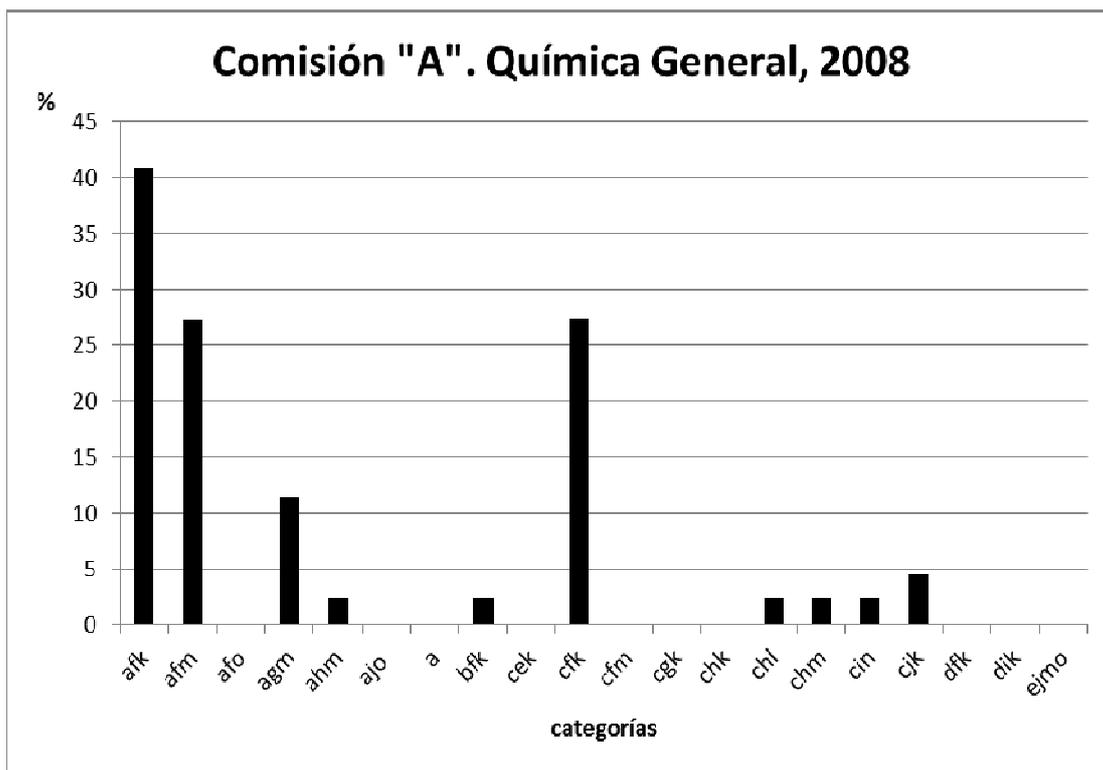


FIGURA 1. Principales opciones elegidas por los estudiantes de la comisión “A” sobre estabilidad en las especies atómicas planteadas.

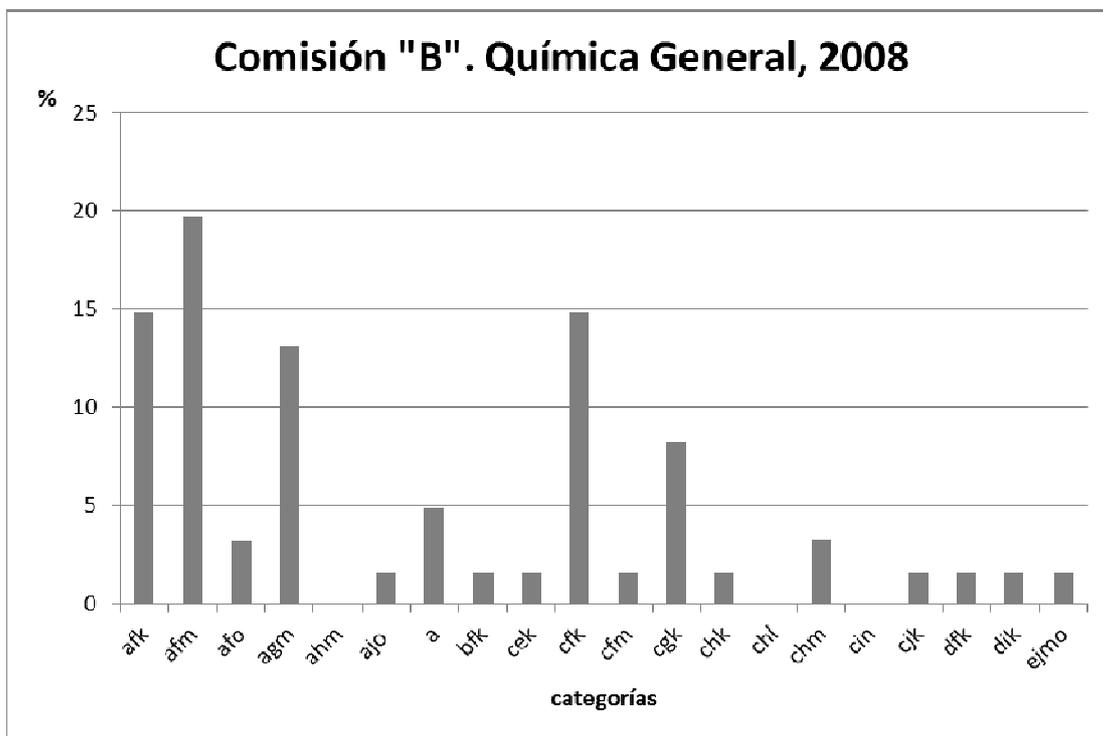


FIGURA 2. Principales opciones elegidas por los estudiantes de la comisión “B” sobre estabilidad en las especies atómicas planteadas.

#### IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS ENTREVISTAS A LOS DOCENTES

Las Tablas V a VIII reúnen una selección de frases de los docentes de las comisiones “A” y “B” relativas al desarrollo de los temas sobre estabilidad e interacción y obtenidas de la desgrabación de las entrevistas semiestructuradas realizadas. En ellas se abordaron cuestiones como los textos propuestos a los estudiantes, el modo de trabajo en el aula, los criterios de estabilidad (en especies atómicas y en moléculas) trabajados en el aula, la conexión entre la idea de estabilidad y las de interacciones y enlaces en las clases y la manera de plantear la regla del octeto además de su conexión con interacciones y enlaces. Los docentes entrevistados trabajaban como JTP en cada una de las comisiones encuestadas (también en el curso previo denominado Introducción a la Química) y complementaron datos obtenidos a través de una encuesta, realizada previamente a los Profesores de la materia, sobre aspectos del curso.

**TABLA V.** Selección de respuestas de los docentes respecto del modo de trabajo en el aula.

| Cuestión                   | Docente de comisión “A”  | Docente de comisión “B”  |
|----------------------------|--|--|
| ¿Cómo se trabaja en clase? | “... Hay distintas formas entre los profesores... <u>cada comisión es casi como una cátedra...</u> hay los que dan la típica clase <u>catedrática...</u> los que hacen preparar a los alumnos una clase sobre temas muy básicos sobre los que después profundiza el profesor... <u>Se desarrolla todo de una manera muy teórica...</u> ” | “... Los profesores dan la teoría en general en Power Point y se cuelga en la página de la cátedra y los chicos lo bajan... <u>No se discute mucho, por ahí dependerá la comisión y el profesor...</u> porque toda esa parte está a cargo de los profesores; obviamente que podemos intervenir pero la clase está a cargo del profesor...” |

En cuanto a los textos, Chang (1995) fue sugerido en ambas comisiones aunque cuestionado por el docente de la comisión “A”. Además se mencionaron otros como Brown y otros (2004), Atkins y Jones (1998), Whitten y otros (1992), Glasstone (1970) y Tedesco (1999). Los textos aludidos coinciden con lo registrado en la encuesta a Profesores de la materia en la que también se indicó que las guías de problemas y los trabajos de laboratorio eran comunes a todo el curso. Se indicó también que no existen apuntes de cátedra, que sólo los profesores exponen la teoría y que utilizan Power Point (exposiciones de acceso libre para los estudiantes en la página de la cátedra). En cuanto al trabajo de aula, ambos docentes coincidieron en que resulta diferente para cada comisión (“...cada comisión es casi como una cátedra...”), que se realizan pocas discusiones y que el desarrollo es básicamente teórico (ver subrayado en la Tabla V).

En la Tabla VI se incluyen frases referidas a los criterios de estabilidad para especies atómicas y moléculas (cuestiones (a) y (b) de la Tabla respectivamente). Las respuestas de los docentes reflejan, por un lado, que ambos consideran a la materia previa (Introducción a la Química) como la encargada de iniciar el tema pero, por el otro, surgen diferencias notables: mientras el docente de la comisión “A” insiste en que es un conocimiento (sobre todo en el caso atómico) que los estudiantes ya debían tener y entonces “...se refuerza...” en Química General (incluyendo comentarios como “... se les volvía a explicar...”, “...se les habla...” y “...se los nombramos...”), el docente de la comisión “B” afirma que “...no se trabaja en realidad un criterio de estabilidad...”, que en el caso atómico se trabaja a partir de la estructura electrónica de un elemento particular y que “...depende del profesor...” mientras que para el caso molecular se apunta (no muy claramente ya que aparecen dudas respecto de la pregunta realizada por el entrevistador) a “... la conformación en el espacio más estable...” (ver subrayado en la Tabla VI).

**TABLA VI.** Selección de respuestas de los docentes sobre estabilidad de especies atómicas y moléculas

| Cuestión   | Docente de comisión “A”   | Docente de comisión “B”  |
|--|---|--|
| a) ¿Qué criterio de estabilidad de especies atómicas se trabaja en las clases del curso? | “...Aunque no hubieran visto <u>cristaloquímica para esa época sí vieron la parte de fuerzas intermoleculares, en principio deberían tener ese conocimiento...</u> Antes era un tema que se reforzaba en el curso de ingreso, es un tema que <u>el conocimiento (entre comillas) debería venir del secundario. Pero de todas maneras se les volvía a explicar</u> porque ven en Introducción a la Química la parte de estructura atómica, se refuerza con las reglas del modelo de Lewis, con la regla del octeto, entonces de alguna | “... <u>No se trabaja en realidad un criterio de estabilidad, porque cuando empieza Química General... se aborda básicamente desde los gases, entonces se empieza a explicar que la ley de los gases generales no explica el comportamiento de los gases en determinadas condiciones y eso se asocia enseguida con las fuerzas entre las moléculas, las interacciones, ahora no sé si se trabaja mucho más que eso, a partir de ahí ven distintos tipos de interacciones si son electrostáticas...</u> <u>lo que se trabaja es un elemento en particular, cuál es su forma más</u> |

|   |  |   |
|---|--|---|
|   | <i>manera <u>se les habla</u> de estabilidad y seguro que estabilidad de iones y también <u>se los nombramos</u> la implicancia que tiene la energía de ionización, el potencial de ionización, la electroafinidad... todas esas cosas están por lo menos en la currícula, están previas a la encuesta...”</i>   | <i>estable o sea... en realidad no, es <u>cuál es la forma en que uno más lo encuentra en la naturaleza... depende del profesor, se trabaja a partir de la estructura electrónica del elemento. Se empieza a trabajar en Introducción a la Química y se sigue... en Química General...”</u></i> |
| b) ¿Qué criterio de estabilidad molecular se trabaja en las clases del curso? | <i>“... se ve un poco porque cuando hablamos de la parte de fuerzas intermoleculares, y <u>ellos saben la diferencia de enlaces iónicos y covalentes</u>, entonces <u>hay una idea medio subyacente...</u> antes se veían orbitales híbridos... ahí <u>se refuerza</u> algo sobre estabilidad pero, en general, son todas moléculas ionizables... entonces la estabilidad molecular... se aplica un poco más...”</i> | <i>“...Vos con criterio de estabilidad ¿a qué te referís?... O sea, ¿lo que es más estable ó cómo se encuentra mayormente?... <u>Para moléculas lo que se trabaja es cuál es la conformación en el espacio más estable pero no más que eso...”</u></i>  |

Lo indicado durante las entrevistas respecto de la conexión entre estabilidad e interacciones se resume en la Tabla VII donde se vuelven a registrar diferencias. Mientras que el docente de la comisión “A” apunta a propiedades macroscópicas e insiste en cuanto a lo que los estudiantes vieron en la materia previa, el de la comisión “B” recalca su visión desde los elementos y sus propiedades periódicas puestas de manifiesto en la tabla periódica (ver subrayado en la Tabla VII).

**TABLA VII.** Selección de respuestas de los docentes respecto de la conexión entre estabilidad e interacciones

| <b>Cuestión</b>   | <b>Docente de comisión “A”</b>  | <b>Docente de comisión “B”</b>   |
|---|---|--|
| ¿De qué manera se conecta en las clases la idea de estabilidad con la de interacciones? | <i>“... una manera de evaluar la estabilidad es <u>a través de los puntos de fusión, ebullición</u>, siempre hablando de los sólidos porque lo que vemos son interacciones intermoleculares, de las moléculas en sí casi no vemos, bueno en realidad <u>lo ven antes en la parte de termoquímica, termodinámica, que ven energías de enlaces y esas cosas...</u>”</i> | <i>“...<u>cuando estudiás las propiedades periódicas...</u> uno tiende a decir que los elementos alcalinos se los encuentra generalmente como un catión con una carga positiva y eso se lo conecta con la pérdida de un electrón... No sé si se trabaja haciendo la diferencia; uno <u>lo trabaja más desde la generalidad... Desde la tabla periódica...</u>”</i> |

Las respuestas que relacionan estos temas y la Regla del Octeto se reúnen en la Tabla VIII. Con respecto al modo en que se introduce la Regla del Octeto (ver cuestión (a) de la Tabla), el docente de la comisión “A” indica que se inicia en la materia previa, desde las propiedades periódicas de los elementos, como un “...*modelo para la explicación de la estabilidad de la formación de iones...*” mientras que el docente de la comisión “B” destaca que “...*aparece porque sigue apareciendo en los libros de texto...*”, coincidiendo con el de la “A” en su relación con la comparación de la estructura atómica de los elementos y los clasificados como gases nobles. Resultan llamativos tanto el comentario del docente de la comisión “B” acerca de que los profesores se refieren a los elementos como que “...*intentan adquirir esa configuración...*”, sugiriendo características antropomorfas o volitivas, como el comentario del docente de la “A” en cuanto a que “...*siempre les estamos repitiendo que no deja de ser un modelo...*”, en la que “modelo” aparece como sinónimo de hipotético, quitándole por ende la condición de herramienta científica y dando lugar a considerar que existen otras herramientas que no serían modelos, es decir, deslizando una visión realista ingenua de la ciencia.

**TABLA VIII.** Selección de respuestas de los docentes respecto de la presentación de la Regla del Octeto en el aula y de su relación con interacciones. Entre paréntesis y en cursiva los autores de este trabajo han completado algunas frases para una mejor comprensión

| <b>Cuestión</b>   | <b>Docente de comisión “A”</b>   | <b>Docente de comisión “B”</b>   |
|---|--|--|
| a) ¿En qué momento y de qué manera se plantea la Regla del Octeto en el aula? | <i>“... aparece en <u>Introducción a la Química cuando ven estructura de la materia, propiedades periódicas de los átomos...</u> aparece como un <u>modelo para la explicación de la estabilidad de la</u></i> | <i>“... <u>aparece, porque sigue apareciendo en los libros de texto...</u> cuando intentás explicar por qué el sodio pierde un electrón para estar como un catión, eso <u>se lo compara con la estructura del gas noble que está más</u></i> |

|  |  |   |
|--|--|---|
|  | <p><u>formación de iones a partir de deducción la inercia de los gases nobles entonces yo lo ligo desde ahí y siempre les estamos repitiendo que no deja de ser un modelo...</u></p>   | <p><u>cercano y ahí aparece la regla del octeto... lo que los profesores intentan explicar es la estabilidad que se da (al) llegar a esa configuración... diciendo: los gases nobles tienen esta configuración, reaccionan en condiciones extremas y entonces los otros elementos... intentan adquirir esa configuración...</u></p>   |
| <p>b) ¿De qué manera se conecta en las clases la Regla del Octeto con interacciones?</p> | <p><u>“... Bueno sí, a partir de ahí se ven tipos de enlaces iónicos, covalentes y después eso evoluciona a los distintos tipos de moléculas, de compuestos y las interacciones si son polares o no polares pero no sé si entendí bien... (la regla del octeto tiene que ver con la interacción) Entre los átomos para formar los enlaces...Si, se ve y previo a las interacciones moleculares porque está en la materia anterior pero se ve la estructura espacial, la disposición geométrica de las moléculas, ahora no se ven orbitales híbridos pero lo explicamos con la teoría de repulsión de pares electrónicos de valencia y funciona para el objetivo último que tenemos, funciona bastante bien para explicar las geometrías moleculares y después la polaridad de las moléculas y de ahí a las interacciones...”</u></p> | <p><u>“... Medio tangencialmente, cuando ves uniones... pero llega un momento que todo empieza a perder un sentido porque los chicos, cuando hacen estructura de Lewis o uniones, llega un momento que es ya como una cosa así... mecánica y empieza a perder sentido y uno ya, cuando empieza a hablar, lo toma como algo que es así y no sé después cuánta reflexión vuelve a haber en la clase sobre eso más que en las primeras clases. Me parece que ya como que es así, que todos lo aceptamos que es así... Todo este tema es complicado porque después... vas a parar a los caños porque todo lo que venías haciendo mecánicamente empieza a no servir y bueno ahí depende cada profesor cómo lo pueda encarar... Se trabaja más en Introducción a la Química... en las prácticas es muy poco lo que uno hace explícito de interacciones... porque los prácticos no sé si están tan apuntados a eso... hay profesores que hasta llegan a poner una fórmula de las interacciones, de cómo varían con la distancia y hay otros que no, que lo hacen más descriptivo... Cuando se le habla al alumno (de) interacciones electrostáticas sinceramente el alumno no sabe lo que significa y probablemente, después que tenga Física I y Física II, tampoco lo va a terminar de comprender, entonces se explica en líneas generales qué es, pero no sé si puede aprender realmente... si encima estás hablando de interacciones electrostáticas... de que se comparten electrones, son todos modelos que son muy difíciles de entender, entonces la discusión es hasta ahí siempre y el alumno siempre está preocupado por cómo se resuelve el problema en general, que vos en definitiva le digas: sí, acá hay una unión iónica ó covalente, que es lo que va a tener que responder en el examen...”</u></p> |

En cuanto a la relación entre Regla del Octeto e interacciones las diferencias entre los docentes se hacen más notables (ver subrayado en cuestión (b) de Tabla VIII). El docente de la “A” insiste en que estos temas se ven en la materia anterior y se revisan al abordar “...la estructura espacial, la disposición geométrica de las moléculas...” y “...la polaridad de las moléculas y de ahí a las interacciones...”. El docente de la “B”, en cambio, critica la situación después de comentar que el tema se aborda al considerar uniones químicas. De manera preocupante expresa su desánimo y resignación al señalar que “... todo empieza a perder un sentido...” y que “...llega un momento que es ya como una cosa así... mecánica y empieza a perder sentido y uno ya, cuando empieza a hablar, lo toma como algo que es así y no sé después cuánta reflexión vuelve a haber en la clase sobre eso más que en las primeras clases. Me parece que ya como que es así, que todos lo aceptamos que es así...”. Si bien insiste en que el tema se ve en la materia previa añade que “...todo lo que venías haciendo mecánicamente empieza a no servir...”, a que “... en las prácticas es muy poco lo que uno hace explícito de interacciones...” y que “... Cuando se le habla al alumno (de) interacciones electrostáticas sinceramente el alumno no sabe lo que significa y probablemente, después que tenga Física I y Física II, tampoco lo va a terminar de comprender, entonces

*se explica en líneas generales qué es, pero no sé si puede aprender realmente...*”. Su visión se completa al afirmar: “...son todos modelos que son muy difíciles de entender, entonces la discusión es hasta ahí siempre y el alumno siempre está preocupado por cómo se resuelve el problema en general, que vos en definitiva le digas: sí, acá hay una unión iónica o covalente, que es lo que va a tener que responder en el examen...”.

A través de lo expuesto queda en evidencia que el trabajo de aula de ambas comisiones ha sido muy diferente aunque se utilizaron los mismos textos (una rápida mirada a sus índices permite identificar contenidos análogos e incluso recorridos similares), guías de problemas y trabajos de laboratorio. Así, la dependencia en cuanto a la elección de cada profesor de los contenidos expuestos sumado a la escasa presencia de discusiones en las prácticas, acompaña la confusión presente en los estudiantes evidenciada en las respuestas a la encuesta. Las diferencias encontradas en ellas parecen asociadas a las diferentes perspectivas en ambas comisiones: sesgada hacia una única respuesta (y asumida como ya vista en la materia anterior) para la comisión “A” cuyo docente parece muy convencido de un único camino a recorrer con un discurso plagado de títulos y de la exposición como método de enseñanza y, por el contrario, dispersa y calificada como mecanizada (reflejando carencia de sentido y de articulación entre contenidos) en la comisión identificada como “B”.

Al vincular las respuestas de los docentes con las de los estudiantes, resulta inmediato referir la dispersión de opciones de los alumnos en la comisión “B” a las dudas respecto del trabajo de aula planteado (en opinión del docente entrevistado) por profesores y textos. Llama la atención para el grupo “B” el elevado porcentaje de “No contesta” expuesto en la Tabla III, situación nuevamente diferente de la encontrada en la comisión “A”. Lo sesgado de las respuestas de los alumnos en esta comisión podría vincularse con la idea del docente entrevistado acerca de que son temas ya incorporados y que precisan refuerzo, que puede traducirse como que hay un solo modo de responder a estas cuestiones. Esto no significa, sin embargo, que en esta comisión se haya logrado un porcentaje elevado de respuestas coherentes con el saber pretendido desde la comunidad científica.

## V. CONCLUSIONES

La encuesta realizada muestra perfiles de respuesta diferentes en ambos grupos de estudiantes aunque predomina la interacción entre cargas como criterio de estabilidad, como si las especies planteadas estuvieran aisladas del universo. El siguiente criterio en importancia es el asociado al octeto de electrones completo lo cual implica transformar una regla operativa en una ley fisicoquímica que determinaría la estabilidad de los sistemas. La existencia de combinaciones de estos dos criterios estaría reflejando, además, un escaso trabajo sobre la idea de estabilidad y su relación con interacciones entre el objeto de estudio y su entorno, punto de partida requerido en el tratamiento de transformaciones químicas y físicas y elemento indispensable si se pretende que el aprendizaje logrado permita abordar situaciones diferentes a las del contexto del curso. Esta discordancia entre grupos de estudiantes de una misma cohorte expresaría que una variedad de factores complejizan el marco usado por cada estudiante para elegir la respuesta que considera pertinente: las ideas previas, lo aportado por textos, apuntes y escasas discusiones con pares en clase y la información adicional del docente. La variedad de respuestas indica, dada la uniformidad esperada a partir de un supuesto único corpus de conocimiento, la necesidad de evaluar los factores que incidieron en estos resultados. De lo expuesto surge que las discrepancias en las respuestas de los estudiantes no se pueden asignar únicamente a la existencia de ideas previas. El peso otorgado a la Regla del Octeto, la escasa vinculación entre estabilidad e interacciones expuesta por los docentes entrevistados en su abordaje unido a clases mayormente expositivas y de poca discusión, revelan un contexto en el que resulta utópico imaginarse a los estudiantes cuestionando sus ideas previas o alcanzando aprendizaje significativo. Esta situación sugiere también la persistencia en los estudiantes de dificultades metodológicas, además de las conceptuales, importantes de superar en el aprendizaje de ciencias.

Surge como necesario que exista mayor comunicación entre los docentes que constituyen el equipo de una cátedra determinada e incluso (más aún en este caso) la articulación con las materias previas y posteriores de manera de establecer trayectos de aprendizaje. Resulta importante destacar el comentario del docente de la comisión “B” en cuanto a la nula articulación con las Físicas y también, a través de la frase siguiente no incluida en las Tablas, acerca del contexto planteado en el curso considerado: “...Hay instancias de discusión pero vos viste lo maratónico que es esa cursada, entonces para alguien que tiene que aceptar primero que la materia está constituida por átomos, encima que adentro de los átomos hay otras cosas, que encima esas cosas que son electrones pueden perderse, pueden ganarse, después le 'zampás' el octeto, la estructura de Lewis, las uniones y, a veces, es como que no se puede porque vos podés empezar a instalar una discusión pero si el alumno está completamente perdido en intentar

adquirir todo eso, ¿qué estás discutiendo? Si todavía está intentando asimilar de qué le estamos hablando...”

## REFERENCIAS

- Atkins, P. y Jones, L. (1998). *Química: moléculas, materia y cambio*, Tercera edición. Barcelona: Ediciones Omega.
- Brown, T. L.; LeMay, H. E. y Bursten, B. E. (2004). *Química, la ciencia central*, Novena edición. México: Pearson.
- Chang, R. (1995). *Química*, Cuarta edición. México: Mc Graw-Hill.
- Coll, R. K. (2008). Chemistry Learners' Preferred Mental Models for Chemical Bonding. *Journal of Turkish Science Education*, 5(1), pp. 22-47.
- Espíndola, C. y Cappannini, O. M. (2005). La discusión coordinada: una herramienta de evaluación formativa. *Enseñanza de las Ciencias*. Número Extra. Volumen Especial, 5 páginas.
- Espíndola, C. y Cappannini, O. M. (2009). Estabilidad e interacción: una relación pendiente en el tratamiento de conceptos químicos en estudiantes universitarios. Memorias de las *II Jornadas de Enseñanza e Investigación Educativa en el campo de las Ciencias Exactas y Naturales*, Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación (UNLP, La Plata, Argentina).
- Espíndola, C. y Cappannini, O. M. (2012). Obstáculos en la evaluación diagnóstica. Una propuesta de superación mediante la identificación de modelos presentes en el curso. *Educación Química*, 23(4), pp. 484-491.
- Glasstone, S. (1970). *Tratado de Química Física*, Séptima edición. Madrid: Editorial Aguilar.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman R., Hofstein, A. y Krajcik, J. (2007). Developing a new teaching approach for the chemical bonding concept aligned with current scientific and pedagogical knowledge. *Science Education*, 91, pp. 579–603.
- Luxford, C. y Bretz, S. (2013). Moving beyond definitions: what student-generated models reveal about their understanding of covalent bonding and ionic bonding. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 14, pp. 214-222.
- Taber, K.S. (1995). The octet rule: A pint in a quart pot? *Education in Chemistry*, 32(3), pp. 84-93.
- Taber, K.S. (1997). Student understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic framework. *School Science Review*, 78(285), pp. 85-95.
- Taber, K.S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry education. *International Journal of Science Education*, 20(5), pp. 597-608.
- Taber, K. S. (2001). The mismatch between assumed prior knowledge and the learners' conceptions: A typology of learning impediments. *Educational Studies*, 27(2), 159-171.
- Taber, K. S. (2002). *Chemical misconceptions—Prevention, diagnosis and cure, Vol. 1: Theoretical background*. London: Royal Society of Chemistry.
- 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. *Int. Journal of Science Education*, 31(10), pp. 1333-1358.
- Taber, K. S. (2010). Shifting sands: a case study of conceptual development as competition between alternative conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), pp. 731-753.
- Tedesco, P. (coordinador, varios autores) (1999). *Introducción a la Química*. La Plata: Editorial de la UNLP.
- Whitten, K.; Gailey, R. y Davis, R. (1992). *Química General*, Segunda edición. México: Mc Graw Hill.