



El desarrollo del pensamiento científico-teórico en química

Ramírez, S.

Departamento de Ciencia y Tecnología, Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Roque Saenz Peña 352, Bernal, Buenos Aires, Argentina.

ARTICLE INFO

Received: 26 octubre 2019

Accepted: 13 enero 2020

Available on-line: 30 mayo 2020

Keywords: Educación Universitaria, Química, Pensamiento científico teórico.

E-mail addresses:
sramirez@unq.edu.ar

ISSN 2007-9842

© 2020 Institute of Science Education.
All rights reserved

ABSTRACT

Research in the field of chemistry didactics led to a rethinking of teaching activity in order to promote sustainable learning. Learning chemistry involves speaking your language of formulas and symbols, mastering the theoretical framework of discipline and its methodological aspects. This learning requires the stimulation of students' thinking. In the face of problematic situations posed for the learning of chemistry, different types of thoughts included in scientific-theoretical thinking are promoted. In particular, the development of thought in chemistry, requires the activation of cognitive processes that result in finding explanations that are not immediately achievable through observation. The mechanisms that underlie thinking in chemistry include observing a fact at the macroscopic level, interpretation of it at the submicroscopic level and its subsequent modelling. Observation, interpretation and the possibility of modelling a phenomenon are done in relation to the theoretical framework that the student is building on discipline, to the acquisition of cognitive skills to organize knowledge and cognitive language skills to express such thoughts. In order to investigate the kind of thinking that is activated in the student responses of a basic university chemistry course, their responses to different types of activities proposed by teachers were analysed. The mastery of disciplinary content, the right language to communicate them, appropriate language to communicate them and the logical structure necessary for the construction of the texts required in each response, was studied. Results show that students have difficulties of a different nature in learning chemistry linked - many of them - to the poor development of theoretical scientific thinking. The need to propose strategies that favor the development of thinking based on the linking of observation with the theoretical framework addressed in the course emphasizing the promotion of cognitive, cognitive linguistic and communication skills in the classroom is recognized.

La investigación en el campo de la didáctica de la química llevó a un replanteo de la actividad docente en pos de promover aprendizajes sustentables. Aprender química implica hablar su lenguaje de fórmulas y símbolos, dominar el marco teórico de la disciplina y sus aspectos metodológicos. Este aprendizaje requiere de la estimulación del pensamiento de los estudiantes. Ante situaciones problemáticas planteadas para el aprendizaje de la química, se promueven diferentes tipos de pensamientos incluidos en el pensamiento científico-teórico. En particular, el desarrollo del pensamiento en química, requiere de la activación de procesos cognitivos que tienen como resultado encontrar explicaciones que no son inmediatamente alcanzables a través de la observación. Los mecanismos que subyacen al pensamiento en química incluyen la observación de un hecho a nivel macroscópico, la interpretación del mismo a nivel submicroscópico y su posterior modelización. Tanto la observación, como la interpretación y la posibilidad de modelizar un fenómeno se hacen en relación al marco teórico que va construyendo el estudiante sobre la disciplina, a la adquisición de habilidades cognitivas para organizar el conocimiento y de habilidades cognitivo lingüísticas para expresar dichos pensamientos. Con el objetivo de investigar el tipo de pensamiento que se activa en las respuestas de estudiantes de un curso de química básica universitaria, se analizaron las respuestas de los mismos a diferentes tipos de actividades propuestas por los docentes. Se estudió el dominio de los contenidos disciplinares, del lenguaje adecuado para comunicarlos y de la estructura lógica necesaria para la construcción de los textos requeridos en cada respuesta. Los resultados muestran que los estudiantes tienen dificultades de diferente naturaleza en el aprendizaje de la química vinculadas -muchas de ellas- con el escaso desarrollo del pensamiento científico teórico. Se reconoce entonces la necesidad de plantear estrategias que favorezcan el desarrollo del pensamiento basado en la vinculación de la observación con el marco teórico abordado en el curso haciendo énfasis en la promoción de habilidades cognitivas, cognitivo lingüísticas y de comunicación en el aula.

I. INTRODUCCIÓN

Los estudiantes universitarios muestran serias dificultades en el aprendizaje de las ciencias básicas; la investigación educativa advierte características comunes en relación a esta problemática, pero también existen algunas específicas para el aprendizaje de la química.

El estudio de las dificultades en el aprendizaje llevó a la investigación en el campo de la didáctica de la química a la necesidad de un replanteo de la actividad docente en pos de promover aprendizajes significativos - sustentables de manera que, a su vez, se promueva el pensamiento teórico del estudiante. En Química, esto implica el abordaje de una enseñanza organizada con actividades tendientes a promover el desarrollo del pensamiento científico teórico en los estudiantes.

Es sabido que la ciencia constituye un aporte muy importante en nuestra cultura. El desarrollo del conocimiento científico a lo largo de los años ha influido en la manera de interactuar con el mundo que nos rodea. La ciencia permite representar, interpretar, explicar o predecir hechos y posibilita el desarrollo de tecnologías, incidiendo en la evolución de la humanidad en una interacción dinámica ciencia-tecnología-sociedad-medio ambiente. La dimensión social de la ciencia condiciona las ideas. A pesar de la importancia indiscutible de las ciencias en cuanto al desarrollo del pensamiento, desde la investigación educativa hay coincidencia en cuanto a que la ciencia que se enseña en diferentes niveles educativos aún no refleja este aspecto (Chamizo e Izquierdo, 2007). Los docentes organizan los contenidos a enseñar centrándose en los conceptos, los hechos y las habilidades (técnicas) y establecen una metodología y una programación de actividades de acuerdo a sus concepciones de enseñanza y de aprendizaje, muchas veces por lo que aprendieron siendo estudiantes, sin considerar la problemática asociada a la didáctica disciplinar específica.

Las demandas a nivel de habilidades comunicativas, motivadas por los retos del desarrollo social, económico y humano, alertan sobre la necesidad de replantear estrategias que conlleven un mejor manejo del discurso por parte de los estudiantes. Las habilidades comunicativas oral y escrita se tornan fundamentales para el desarrollo personal y profesional (Sánchez Mejía, 2013). La importancia del lenguaje y la comunicación en el aula para la construcción de conocimientos científicos está ampliamente documentada (Sutton, 1997; Sanmartí, 1997; Lemke, 1997; Sardá y Sanmartí Puig, 2000; Sutton, 2003; Martín-Díaz, 2013).

Aprender química, requiere de la activación de procesos cognitivos que tienen como resultado encontrar explicaciones que no son inmediatamente alcanzables a través de la observación ni de la intuición, es decir resulta necesario superar el pensamiento empírico y el pensamiento intuitivo y emprender una transición hacia el pensamiento científico teórico. Los procesos que subyacen al pensamiento en química incluyen la observación de un hecho a nivel macroscópico, la interpretación del mismo a nivel submicroscópico y su modelización (Johnstone, 1982). Tanto la observación, como la interpretación y la posibilidad de modelizar un fenómeno se hacen en relación al marco teórico que va construyendo el estudiante sobre la disciplina, a la adquisición de habilidades cognitivas para organizar el conocimiento y de habilidades cognitivo lingüísticas para expresar dichos pensamientos.

En este trabajo, -desarrollado en el marco del proyecto de investigación El lenguaje de las ciencias exactas y naturales: un factor fundamental en la enseñanza y el aprendizaje perteneciente a Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes- se estudia el tipo de pensamiento que se activa en las respuestas de estudiantes de Química básica a las actividades propuestas para el aprendizaje en dicho curso.

II. MARCO TEÓRICO

En el contexto del aprendizaje constructivista, se sostiene que el alumno construye al conocimiento en su mente. En varios trabajos de investigación se ha utilizado la teoría de la asimilación del aprendizaje de Ausubel como base para generar instrumentos y propuestas de enseñanza (Galagovsky, 1996; Moreira, 2010; Muñoz, 2000; Rodríguez, 2001; Galagovsky y Muñoz, 2002; Abreu de Andrade, 2014; Chrobak, 2017). Un punto central en dicha teoría es el papel del discurso docente en el proceso denominado *aprendizaje significativo*. Según Novak (1999) un discurso bien organizado por parte del docente y un grupo de alumnos motivados son factores suficientes para promover que éstos alcancen un aprendizaje significativo. Esta concepción, según Galagovsky (2004), no hace suficiente hincapié en la necesidad de interacción dialéctica entre los estudiantes, ni entre éstos y el docente, ni en el beneficio de estas interacciones para el aprendizaje. Está ampliamente admitido que la adquisición del conocimiento científico se favorece con el intercambio de opiniones y la negociación de significados entre alumnos y profesor (Gómez-Moliné y Sanmartí, 2000).

Frecuentemente los docentes relacionan el significado del adjetivo *significativo* con algo cercano a los intereses y conocimientos del alumno. Así, si el contenido a enseñar está relacionado con los intereses de los alumnos, éstos estarán motivados y se lograría el aprendizaje significativo. De acuerdo con el enfoque de enseñanza ciencia tecnología y sociedad, es necesario seleccionar contenidos que sean significativos para los alumnos, a fin de vincular temáticas científicas abstractas a situaciones de aplicación concretas y accesibles a la realidad circundante de los diferentes alumnos (Solbes y Vilches, 1989; Caamaño, 1995). Sin embargo, desde la investigación educativa surge la duda acerca de si la motivación originada por un “contenido significativo” para el estudiante, es condición suficiente para lograr un aprendizaje significativo (Galagovsky, 2004). Investigaciones en psicología cognitiva y enseñanza de las ciencias han mostrado que las ideas y las formas de pensar intuitivas de los estudiantes tienen un papel central en la construcción de aprendizajes significativos (Duit, 2007).

Sostenemos de acuerdo con Moreira, (2010) que un aprendizaje significativo no necesariamente será correcto, ya que cuando el sujeto atribuye significados a un determinado conocimiento, anclándolo en conocimientos previos, el aprendizaje es significativo, independientemente de si estos conocimientos son los aceptados en el contexto de la disciplina a aprender, es decir, de si los significados atribuidos -personalmente aceptados- son también contextualmente aceptados. Las conocidas concepciones alternativas, generalmente son aprendizajes significativos para los estudiantes, de ahí que resulten difíciles de modificar. De acuerdo con Galagovsky (2004), un aprendizaje significativo no necesariamente será sustentable. En su propuesta de aprendizaje sustentable, desde un modelo de aprendizaje, denominado modelo de aprendizaje cognitivo consciente sustentable, argumenta que un aprendizaje significativo es aquél en el cual el sujeto relaciona la nueva información con la que ya posee; pero señala requerimientos adicionales para que un aprendizaje significativo sea sustentable. “El aprendizaje sustentable es aquél en el que la información recibida –o parte de ella– fue apropiada como nuevo conocimiento, aumentando la red de conocimientos previos. Esta construcción nueva es, simultáneamente, una reestructuración de la estructura cognitiva previamente existente, a través de la resignificación de aquellos conceptos sostén que sirvieron de nexo para la incorporación del nuevo conocimiento.” (Galagovsky, 2004, p. 233).

El razonamiento de los estudiantes de ciencias, particularmente de los de Química, puede estar restringido por suposiciones implícitas sobre las propiedades y el comportamiento de las entidades en un sistema, o por atajos de razonamiento que les ayudan a disminuir el esfuerzo cognitivo. Aún a nivel universitario, el pensamiento de los estudiantes de química está dominado por conocimientos y formas de razonamiento intuitivos (Talanquer, 2010).

La mente humana parece operar según restricciones cognitivas que guían y limitan el aprendizaje y el razonamiento en un área dada. (Keil, 1990, Pozo y Gómez-Crespo, 1998; Wellman y Gelman, 1998). En Talanquer 2010 se propone concebir a estas restricciones cognitivas “como pertenecientes a dos grandes clases: a) Suposiciones implícitas sobre las propiedades y el comportamiento de las entidades relevantes en un cierto dominio del conocimiento (p. ej., los objetos se mueven en trayectorias continuas...) y b) Atajos de razonamiento (heurísticos) para construir explicaciones, generar inferencias, hacer predicciones y tomar decisiones en condiciones de tiempo y conocimientos limitados (p. ej., cuando es necesario elegir entre dos opciones, si una es conocida, selecciona la opción más familiar)” (p.166). La identificación de estos tipos de barreras cognitivas en los estudiantes permite conocer mejor el origen de las dificultades conceptuales y procedimentales en el aula a la vez que resulta útil para modificar o diseñar actividades a fin de promover el desarrollo de conocimientos significativos-sustentables.

El conocimiento científico resulta de un proceso del pensamiento analítico consciente, explícito, controlado, lento y de alta demanda cognitiva, mientras que el conocimiento intuitivo surge de manera rápida, irreflexiva y con bajo costo cognitivo e introduce variabilidad en las explicaciones. Estos modos de razonamiento corresponden al pensamiento analítico y al pensamiento intuitivo respectivamente y su diferencia es similar a la que desde la psicología cognitiva se establece entre las dos formas de razonar que dominan el pensamiento humano (Evans, 2008). Las respuestas de bajo costo cognitivo controlan el pensamiento a menos que intervenga un razonamiento de mayor demanda cognitiva, a medida que el sujeto posea conocimientos sólidos en la disciplina de interés,

capacidad cognitiva elevada, o disposición al pensamiento crítico y reflexivo (Evans, 2008). Las respuestas de alto costo cognitivo pueden promoverse a través de lo que Davidov (1988) denomina una enseñanza “desarrollante”, refiriéndose a aquella que forma en los estudiantes un pensamiento teórico. Es decir, un pensamiento que posibilite comprender y dominar el proceso de origen y desarrollo de las cosas por medio del estudio de las condiciones en que se producen. Dicho pensamiento tiene formas específicas de generalización y abstracción tales, que posibilitan a los estudiantes la formación de conceptos. El mismo autor afirma que en la escuela se practica una enseñanza que no promueve el pensamiento teórico. Por el contrario, fomenta en los estudiantes un pensamiento empírico (tipo de pensamiento que dificulta el acercamiento teórico de los estudiantes al conocimiento).

El discurso de los profesores en el aula de ciencia puede estar orientado a transmitir conocimientos científicos aceptados o a guiar a los estudiantes para promover el pensamiento, haciéndolos entrar en patrones de razonamiento y de lenguaje desarrollados por la comunidad científica para que posteriormente expliciten su comprensión con sus nuevas ideas (Sutton, 2003). Habitualmente, los docentes utilizan ambas estrategias de enseñanza en un mismo curso dependiendo del contenido a enseñar y del contexto del aula.

El lenguaje natural de la ciencia es una combinación de palabras, diagramas, imágenes gráficas, mapas, ecuaciones, tablas y otras formas de expresión visual y matemática. La comunicación en el aula de ciencia entre docentes y estudiantes influye directamente en el desarrollo de habilidades cognitivas lingüísticas de diferentes niveles de complejidad (definir, explicar, justificar, argumentar). La adquisición de habilidades cognitivas lingüísticas se relaciona con el desarrollo de habilidades cognitivas y el aprendizaje de contenidos curriculares. Las habilidades cognitivas, como por ejemplo analizar, comparar, clasificar, interpretar, deducir, etc. -que están en la base del aprendizaje-, posibilitan y concretan las habilidades cognitivas lingüísticas que, a su vez, favorecen el aprendizaje de los contenidos curriculares. Así mismo, éstos tienen un efecto potenciador de las habilidades cognitivas lingüísticas y por extensión de las cognitivas (Jorba, 2000).

Los profesores de química pueden utilizar diferentes lenguajes y niveles de pensamiento y representación de manera integrada (Johnstone, 1982). Cuando usan diferentes lenguajes en clase, están manejando información implícita, a la vez que se mueven entre niveles de representación, sin ser conscientes de ello la mayoría de las veces. Enseñar Química requiere trabajar a estos tres niveles sobre los mismos fenómenos, de manera que estén conectados unos con otros. Por ejemplo, el concepto de solución acuosa de una sal puede ser interpretado a nivel macroscópico como un sistema de una sola fase líquida y translúcida, a nivel microscópico como una mezcla formada por moléculas de un solvente (agua) y de iones rodeados por moléculas de agua y a nivel simbólico pueden representarse los componentes de la solución salina mediante fórmulas de moléculas de agua y los símbolos químicos de los cationes y aniones de la sal.

El aprendizaje debiera suceder simultáneamente en los tres niveles. El nivel macroscópico, correspondiente a lo adquirido mediante experiencia sensorial directa, se construye mediante la información proveniente de los sentidos, basada en propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. Este nivel puede asociarse al pensamiento empírico, descriptivo. El nivel microscópico se refiere a las representaciones mentales del sujeto asociadas a moléculas, iones, interacciones, este nivel se utiliza para explicar el comportamiento de los sistemas en estudio, nivel de pensamiento explicativo. El nivel simbólico se refiere a formas de expresar conceptos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos; involucra al lenguaje, al contenido y al pensamiento abstracto.

Según Davidov (1988) en la escuela se fomenta el pensamiento empírico en los estudiantes. En el ámbito universitario puede darse este tipo de enseñanza para algunos temas de química, pero muchas veces el profesorado enfoca la enseñanza de esta disciplina en los niveles microscópico (pensamiento explicativo) y simbólico (pensamiento abstracto) sin vinculación con el nivel macroscópico experiencial (Johnstone, 1999). En ambos casos se dificulta la comprensión.

III. METODOLOGÍA

Se realizó un estudio de caso, exploratorio cualitativo - interpretativo sobre las respuestas de 26 estudiantes de un curso de Química I del Ciclo Inicial del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Quilmes durante el primer cuatrimestre del 2016. Química I es la primera asignatura de química de las carreras

Licenciatura en Biotecnología, Ingeniería en Alimentos, Ingeniería en Automatización y Control Industrial y Arquitectura Naval.

Los estudiantes del curso poseían conocimientos previos de química básica, de física y de matemáticas (nivel de enseñanza medio, Ciclo Introdutorio, nivel terciario y en algunos casos universitario). En general presentaban hábitos de estudio poco apropiados: poco tiempo de estudio, escasa consulta de la bibliografía disponible, aprendizaje memorístico. Acostumbrados a clases tradicionales los estudiantes se mostraban poco dispuestos a participar activamente. Se observó también una visión errónea acerca del origen y desarrollo del conocimiento científico. Algunos estudiantes de carreras más vinculadas con la química (Lic. en Biotecnología e Ingeniería en Alimentos) poseían motivación intrínseca.

Se analizaron las resoluciones de ocho actividades (vinculadas con el eje conceptual estructura y función de la materia) en un curso de la asignatura Química I. Se presenta en este trabajo, el análisis realizado de diferentes tipos de actividades vinculadas con el eje conceptual estructura y propiedades de la materia (Tabla

1).

TABLA I. Tipos de actividades que se analizan en este trabajo y sus objetivos didácticos.

Tipo de actividad	Objetivo didáctico
Preguntas individuales escritas	Que el estudiante vincule el conocimiento teórico de la disciplina con diferentes hechos.
Preguntas grupales orales y escritas	Que los estudiantes discutan, presenten sus argumentos y construyan explicaciones en colaboración con otros.
Informes de laboratorio Individual	Que el estudiante aprenda a comunicar el resultado de un trabajo de laboratorio a través de una estructura particular y a gestionar información. Que el estudiante pueda vincular sus propios resultados experimentales con el marco teórico correspondiente.
Informes de laboratorio Grupal	Idem anterior pero de manera colaborativa. Que los estudiantes aprendan a trabajar en equipo, que proponga ideas para la elaboración del informe, que discutan el TP, que tomen decisiones.
Evaluaciones	Que el estudiante explicita su conocimiento sobre los diferentes temas tratados en la asignatura.

Los instrumentos utilizados fueron: grabaciones del discurso en el aula: de toda la clase y grupos, respuestas escritas y orales a diferentes actividades áulicas, actividades en evaluaciones escritas e informes de laboratorio.

En las respuestas de los estudiantes se estudió: el dominio de los contenidos disciplinares y el lenguaje utilizado para comunicarlos, el tipo de pensamiento detectado (intuitivo/empírico o científico), la estructura y las inferencias lógicas utilizadas para la construcción de diferentes tipos de textos solicitados: explicativos, justificativos, argumentativos.

Se presenta, a modo de ejemplo, una de las actividades utilizadas para analizar las respuestas de los estudiantes. Se trata de una actividad propuesta en una evaluación parcial (FIGURA 1).

Proporciona una explicación para los siguientes hechos.

a) Una mezcla de tetracloruro de carbono (CCl_4) y agua presenta dos fases.

b) El glicerol es más denso y más viscoso que el agua.

c) El glicerol es soluble en agua.

d) El I_2 es soluble en agua.

e) Se puede obtener N_2 líquido.

f) El punto de ebullición de los isómeros C_5H_{12} , pentano, metilbutano y dimetilpropano es $36,1\text{ }^\circ\text{C}$, $27,8\text{ }^\circ\text{C}$, y $9,5\text{ }^\circ\text{C}$

FIGURA 1. Actividad propuesta en una evaluación parcial.

El objetivo didáctico de la actividad fue analizar si los estudiantes son capaces de explicar propiedades físicas de diferentes tipos de sustancias: la formación de mezclas homogéneas o heterogéneas constituidas por dos componentes (ítem a, c y d), la viscosidad (ítem b), el punto de fusión (ítem e) y el punto de ebullición (ítem f).

El contenido conceptual a evaluar fue el incluido en la Unidad didáctica Interacciones no covalentes. Se analizó si los estudiantes conocen la utilidad de: las estructuras de Lewis, la diferencia de electronegatividad y su relación con el momento dipolar de los enlaces, el modelo de Repulsión de pares de electrones de valencia (RPEV) y la polaridad de las moléculas, las fuerzas intermoleculares y las diferentes intensidades de las mismas. Asimismo, nos propusimos evaluar si los estudiantes diferencian los conceptos de “densidad” y “viscosidad”. En particular en el caso del ítem b) se trata de diferenciar entre densidad y viscosidad del agua y relacionar la viscosidad de esta sustancia con la existencia de puentes de hidrógeno entre sus moléculas.

III. RESULTADOS

El análisis de las respuestas de los estudiantes permitió distinguir textos donde se activa -en diferente grado- el pensamiento científico teórico y textos elaborados desde pensamientos empírico o intuitivo.

En la TABLA 2, se presenta el porcentaje respuestas donde se activan estos tipos de pensamientos al inicio del curso en una actividad escrita individual, en la primera evaluación parcial (Evaluación 1) y al finalizar el curso en otra evaluación (Evaluación 2). En las tres actividades consignadas en esta TABLA la habilidad cognitivo lingüística de mayor demanda cognitiva solicitada fue justificar.

Se clasificó al tipo de pensamiento contenido en la respuesta como científico teórico cuando los textos elaborados por los estudiantes contenían explicaciones y justificaciones con una adecuada estructura lógica formal, un correcto uso del lenguaje de la química y estaban fundamentadas de acuerdo con marco científico teórico abordado en la asignatura.

Se clasificó como empírico/intuitivo al pensamiento activado en las respuestas y comunicados a través de textos en los cuales no existe una fundamentación o bien ésta se realiza utilizando información empírica o de manera intuitiva.

El tipo de pensamiento clasificado como “en transición” corresponde al activado en las respuestas donde las explicaciones o justificaciones tienen estructura lógica formal, pero no se vinculan con el marco científico teórico abordado en la asignatura, o bien las premisas e inferencias elaboradas resultan confusas por no hacer uso del lenguaje disciplinar específico, o son incompletas en relación con los contenidos tratados en el curso.

TABLA 2. Tipo de pensamiento detectado en las respuestas de los estudiantes al inicio y al finalizar el curso. (N es el número de estudiantes que respondió la actividad).

Tipo de pensamiento activado en las respuestas	Inicio Actividad 1 (N=25)	Inicio Evaluación 1 (N=26)	Final Evaluación 2 (N=16)
Empírico/Intuitivo	48	58	25
En transición	44	27	6
Científico teórico	8	15	69

La caracterización de las inferencias establecidas por los estudiantes se realizó en actividades individuales y grupales y se muestran en la TABLAS 3 Y 4 respectivamente.

TABLA 3. Calidad de las inferencias lógicas establecidas por los estudiantes (actividades individuales). Vinculación entre premisas y conclusiones.

Característica de la Inferencia	Actividad 1 (3)	Actividad 2 (4)	Actividad 3 (5)	Actividad 4 (6)	Actividad 5 (9)
Correcta	0	16	35	29	25
En transición (confusa o incompleta)	0	4	8	6	75
Incorrecta	5	48	51	18	0
No consignada	95	32	14	47	0

TABLA 4. Calidad de las inferencias lógicas establecidas por los estudiantes (actividades grupales). Vinculación entre premisas y conclusiones.

Característica de la Inferencia	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3 (8)
Correcta	25	25	100
En transición (confusa o incompleta)	0	50	0
Incorrecta	25	25	0
No consignada	50	0	0

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como análisis general de los resultados obtenidos puede establecerse una relación entre el tipo de pensamiento que se observa en las respuestas y la calidad de las inferencias que hacen los estudiantes al intentar relacionar las premisas con las conclusiones que ellos mismos elaboran.

Comparando los tipos de pensamientos que se activan en las respuestas de los estudiantes se observa que en la actividad áulica al inicio del curso, predominan los tipos de pensamiento empírico e intuitivo y el porcentaje de respuestas con activación del pensamiento científico teórico es bajo (8%). En la primera y la última evaluación se observa aumento del pensamiento científico teórico. En la primera evaluación el 15% de los estudiantes elaboraron textos donde se detectó activación de este tipo de pensamiento, mientras que en la última evaluación este porcentaje fue del 69%, disminuyendo el porcentaje de respuestas empíricas o intuitivas. Sin embargo, existe un 25 % de las respuestas de estudiantes en las que persiste la activación de tipos de pensamiento empírico o intuitivo aún luego de la instrucción y la preparación de los estudiantes para la última evaluación del curso.

Al analizar las respuestas elaboradas por los estudiantes se encontró que muchas son incompletas en cuanto a que no utilizan todos los componentes que debe tener un texto (explicativo, justificativo o argumentativo) para el nivel de estudios en el que se encuentran. Se han hallado muchas respuestas erróneas, incompletas o no pertinentes en cuanto al contenido disciplinar abordado. Muchos estudiantes no hacen uso de los datos que son requeridos para la resolución de las actividades planteadas. Generalmente no plantean hipótesis acerca de los resultados esperados en las actividades en las que se solicitó hacerlo. No explicitan las inferencias utilizadas para vincular las premisas con la conclusión.

Se evidenció falta de consideración de supuestos, implicancias de los mismos y alcances y límites de validez del marco teórico desde el que se estudia un fenómeno, escasa vinculación entre los datos y resultados de una actividad con el marco teórico. Fueron escasos los discursos tanto escritos como orales que hicieron referencia explícita al marco teórico, sea éste pertinente o no.

Existe una gran dificultad en la interpretación y clasificación de las respuestas de los estudiantes a las distintas actividades vinculada con el lenguaje que ellos utilizan y con el tipo de pensamiento que activan. Intercalado con los términos propios de la química, suelen usar términos que, si bien en el lenguaje coloquial pueden ser usados como sinónimos de los términos técnicos, no tienen el mismo significado en el contexto de la disciplina. De modo que, aunque puede suponerse que el estudiante conoce o entiende un determinado fenómeno o proceso, el modo en el que lo escribe no es inequívoco y el docente debe hacer el ejercicio de “traducir” los términos coloquiales a términos técnicos de la química que refieren una información más completa que la referida por el término coloquial. Se encontró diversidad de respuestas a una misma actividad, algunas surgidas de la activación del pensamiento intuitivo y otras en las que los estudiantes intentan explicar o justificar hechos recurriendo a lo que observaron en los trabajos prácticos de laboratorio, activando al pensamiento empírico, descriptivo (nivel macroscópico).

En muchas respuestas se encontraron representaciones microscópicas y simbólicas, pero sin poder detectar la activación del pensamiento explicativo, ni del pensamiento abstracto. Por otra parte, se encontró escasa vinculación entre los niveles de representación o una vinculación incorrecta, desprovista del significado para la química.

Las actividades donde se detectó, en mayor grado de vinculación entre los tipos de representación, la

estructura lógica formal de los textos elaborados, la pertinencia de los contenidos y el lenguaje disciplinar, fueron los informes de laboratorio y las evaluaciones. El hecho de que se encontraran textos mejor elaborados en cuanto a las variables analizadas en los informes de laboratorio puede deberse a la explicitación por parte de los profesores (por escrito y oralmente) de las pautas metodológicas para realizarlos, a la guía por parte de los profesores en la elaboración de los primeros informes del curso y a que las diferentes secciones de los informes guardan relación con la elaboración de diferentes tipos de textos (descriptivos, explicativos, argumentativos). En el caso de las evaluaciones puede deberse a que los alumnos se han dedicado a estudiar más los contenidos para poder aprobar pudiendo fundamentar mejor sus respuestas. En el caso de los informes de laboratorio, se obtuvieron mejores respuestas cuando la actividad se realizó grupalmente.

A modo de ejemplo se presenta el análisis realizado para la actividad presentada en la FIGURA 1.

Para poder responder correctamente el estudiante debe usar los siguientes conceptos (Datos): tipo de enlace, estructura de Lewis, diferencia de electronegatividad, momento dipolar de un enlace y de una molécula, modelo de repulsión de pares de electrones de valencia, polaridad de la molécula, interacciones no covalentes. En el inciso a) mezcla heterogénea y fases, En b) se necesita también el concepto de densidad y el de viscosidad, En c) y d) solubilidad y mezclas homogéneas, En e) cambio de estado gas a líquido y en f) punto de ebullición, cambio de estado de líquido a gas y relación entre la forma de la molécula y su polarizabilidad.

Se observa que, en general, los estudiantes no utilizan los datos contenidos en las afirmaciones que según la consigna deben explicar y se limitan, muchas veces –desatendiendo la consigna- a señalar si consideran verdadera o falsa la afirmación. Ejemplo en la explicación de la afirmación d) (El I2 es soluble en agua) un estudiante expresa: “Sí, porque ambos son polares”. Este ejemplo sirve para mostrar una respuesta basada en una frase utilizada por algunos docentes y algunos libros de texto “lo similar disuelve a lo similar”. De este modo el estudiante considera como similar a la “polaridad de las moléculas” en lugar de considerar similar la “intensidad de la interacción entre moléculas”. En este caso en particular, el estudiante sabe (o recuerda) que el agua es polar por lo que infiere (erróneamente) que el yodo también lo es. Algunas veces los estudiantes apelan a su base empírica para justificar una afirmación sin apelar al marco teórico estudiado. Esto se evidenció en las respuestas que dieron a los ítems a) (Una mezcla de tetracloruro de carbono (CCl₄) y agua presenta dos fases), c) (El glicerol es soluble en agua) y d) (El I₂ es soluble en agua) que hacen referencia a hechos que los estudiantes pudieron observar en un trabajo práctico de laboratorio. Ejemplo: explicación de la afirmación c). “Sí es soluble ya que cuando lo seguíamos girando de un lado a otro se solubilizaban. Esto se debe a que ambos son polares.” Este ejemplo nos sirve también para ilustrar el modo en el que los estudiantes utilizan el cotidiano como en reemplazo del vocabulario técnico (girando en lugar de ¿agitando? o de ¿mezclando?).

Esto último puede observarse también en el siguiente ejemplo: “El glicerol es soluble en agua debido a que es un solvente polar (¿se refiere al agua o al glicerol?) por lo tanto es compatible (¿es similar? y en tal caso,

¿respecto de qué característica?) con una molécula polar como lo es el glicerol.” El estudiante señala que un compuesto es polar pero no explica por qué tiene esta propiedad. Por otra parte el término compatible carece de significado en este contexto, quedando confuso el contenido conceptual que el estudiante pretendió explicitar en este texto.

En el contexto universitario cabe esperar que los alumnos refuercen sus explicaciones haciendo referencia explícita al marco teórico (aquello que desde modelos de argumentación se conoce como fundamentación). En la mayoría de las respuestas analizadas esto no ocurre. Ejemplo: “como el agua es una

molécula polar y el compuesto covalente CCl_4 es una molécula no polar, no se va a disolver, por ende, tendrá dos fases.” El estudiante describe una característica microscópica de las moléculas de dos compuestos (polaridad) y no explica dicha característica en función del marco teórico. No representa las estructuras de Lewis, ni menciona la relación entre la diferencia de electronegatividad y el momento dipolar de los enlaces, ni hace referencia al modelo RPEV y su relación con la polaridad de las moléculas, las fuerzas intermoleculares y las diferentes intensidades de las mismas.

Los alumnos que logran llegar a una conclusión completa (de acuerdo a los temas desarrollados en Química

I) lo hacen explicitando los datos contenidos en la afirmación de partida y estableciendo inferencias para vincular dichos datos con las leyes y modelos del marco teórico. El siguiente es un ejemplo en relación con la afirmación e): un estudiante construye la estructura de Lewis de la molécula de nitrógeno y establece las siguientes inferencias: “La molécula de nitrógeno no es polar dado que la diferencia de electronegatividad entre los átomos que se unen ($\text{N} \equiv \text{N}$) es cero.”; “Existen fuerzas de atracción (muy débiles) entre las moléculas de nitrógeno: Fuerzas de London.”; “Debido a estas interacciones se puede obtener nitrógeno líquido.” Otro ejemplo de conclusión completa en relación con la afirmación d) es el siguiente: otro estudiante, luego de representar la estructura de Lewis del I_2 y del H_2O explica, “el I_2 es soluble en H_2O porque, dado que el I_2 es una sustancia simple y por lo tanto la molécula es no polar y el H_2O es una sustancia compuesta y sus moléculas son polares, cuando están en contacto se producen fuerzas intermoleculares dipolo-dipolo inducido, donde un dipolo (H_2O) puede distorsionar la nube electrónica de una molécula no polar (I_2) entonces esta última pasa a ser una molécula polarizada lo que explica la solubilidad del I_2 en H_2O .” Si bien una respuesta más completa debiera aclarar cuán soluble es el yodo en agua, los estudiantes del curso no incluyen cualificaciones en los textos que elaboran si éstas no se presentan en las consignas.

IV. CONCLUSIONES

Los estudiantes universitarios que conformaron la muestra sobre la que se ha desarrollado la presente investigación, mostraron dificultades de diferente naturaleza en el aprendizaje de la química. Muchas de ellas están vinculadas con el escaso desarrollo del pensamiento científico teórico. Se ha constatado -de modo general- que existen carencias en la elaboración de discurso en el contexto de la asignatura. Se estima que las carencias observadas pueden estar asociadas a la falta de comprensión de las estructuras que la química utiliza para comunicar sus resultados. Esto último podría ser una consecuencia del desconocimiento de las pautas metodológicas de la disciplina, de una deficitaria negociación de significados entre alumnos y docentes y de carencias en el material didáctico propuesto por los docentes.

En cuanto a la estructura formal se concluye que -en las actividades áulicas del curso de Química I- los discursos de los estudiantes no fueron completos en relación con los componentes: ausencia de inferencias, de fundamentación, falta de hipótesis (cuando se requería). En cuanto al contenido se concluye que, aún los discursos más completos, no mostraban pertinencia con el contenido conceptual. Se evidencia el uso deficiente de los múltiples lenguajes de la disciplina o el reemplazo de términos técnicos por otros correspondientes al lenguaje cotidiano.

Los discursos producidos grupalmente fueron más completos y pertinentes que los individuales. Esto

concuerta con la noción de “zona de desarrollo próximo” de Vigotsky (1978) y permite suponer que el trabajo en equipo promueve el intercambio de ideas y genera así un discurso más completo y detallado.

La adquisición de habilidades cognitivo-lingüísticas de mayor demanda cognitiva (justificación y argumentación) no se pudo lograr en todos los estudiantes del curso de Química I. Este hecho está directamente relacionado con el grado de desarrollo del pensamiento científico teórico al finalizar el curso (69% de los estudiantes respondieron satisfactoriamente actividades que requerían justificar). Si bien este es un porcentaje mayor que el hallado en la primera evaluación, está calculado en base a un menor número de estudiantes debido al desgranamiento a lo largo de la cursada, resultando solamente un total de 11 estudiantes que lograron este tipo de pensamiento de los 26 que iniciaron la cursada.

Se corrobora entonces la necesidad de plantear estrategias que favorezcan el desarrollo de un pensamiento basado en la vinculación de la observación con el marco teórico adecuado al contexto. Asimismo, resulta imperioso hacer énfasis en la importancia del uso correcto de las estructuras lógico-formales, el desarrollo de habilidades cognitivas, cognitivo lingüísticas y de comunicación de las ciencias.

REFERENCIAS

- Abreu de Andrade, V. (2014). Uma proposta de ensino do tema biotecnologia à luz da Teoria da Aprendizagem Significativa. *Latin American Journal of Science Education*, 1, 22005, 1-13.
- Caamaño, A. (1995) La educación ciencia-tecnología-sociedad: una necesidad en el diseño del nuevo currículum de ciencias, *Alambique*, 3, 4-6.
- Chamizo, J. A., Izquierdo, M. (2007). Evaluación de las competencias de pensamiento científico. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 51, 9-19.
- Chrobak, R. (2017). El aprendizaje significativo para fomentar el pensamiento crítico. *Archivos de Ciencias de la Educación*, 11(12), Recuperado de <https://doi.org/10.24215/23468866e031>.
- Davidov, V. (1988). *La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico*. Investigación psicológica teórica y experimental. Moscú: Progreso.
- Duit, R. (2007). Science Education Research Internationally: Conceptions, Research Methods, Domains of Research. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 3(1), 3-15.
- Evans, J. S. (2008). Dual-processing accounts of reasoning, judgment, and social cognition. *Annual Review of Psychology*, 59, 255-278.
- Galagovsky, L (1996). *Redes Conceptuales: Memoria, Comunicación y Aprendizaje*. Buenos Aires: Lugar Editorial.
- Galagovsky, L. & Muñoz, J. (2002). La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos. El entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de Las Ciencias*, 20(1), 29- 45.

- Galagovsky, L. (2004). Del aprendizaje significativo al aprendizaje sustentable. Parte 2: Derivaciones comunicacionales y didácticas. *Investigacions Didàctiques Ensenyanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 22(3), 349-365.
- Gómez-Moliné, M. & Sanmartí, N. (2000). Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química*, 11(2), 266-273.
- Johnstone, A.H. (1982). Macro and micro chemistry. *School Science Review*, 64(227), 377-379. Johnstone, A. H. (1999). The nature of chemistry. *Education in Chemistry*, 36(2), 45-47.
- Jorba, J. (2000). La comunicación y las habilidades cognitivo-lingüísticas. En Jaume Jorba, Isabel Gómez y Angeles Prat. *Hablar escribir y aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona. España. Editorial Síntesis.
- Keil, F. C. (1990). Constraints on Constraints: Surveying the Epigenetic Landscape. *Cognitive Science*, 14, 135- 168.
- Lemke, J. (1997). *Aprender a hablar ciencia*. Barcelona: Editorial Paidós.
- Martín-Días, M. J. (2013). Hablar ciencia: si no lo puedo explicar, no lo entiendo, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(3), 291-306.
- Moreira, M. A. (2010). ¿Al final, qué es aprendizaje significativo? Lección Inaugural del Programa de Posgrado en Enseñanza de las Ciencias Naturales, Instituto de Física, Universidad Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 23 de abril de 2010. Recuperado de <https://www.if.ufrgs.br/~moreira/alfinal.pdf>.
- Muñoz, J.C. (2000). Entramado de palabras-concepto: un instrumento para el análisis de contenido. (Tesis de Licenciatura en enseñanza de las ciencias). Universidad Nacional de General San Martín. Buenos Aires.
- Novak, J. (1999). *Aprendiendo a aprender*. Madrid: Ediciones Martínez Roca.
- Pozo, J.I. & Gómez Crespo, M.A. (1998): *Aprender y enseñar ciencia*. Madrid: Morata.
- Rodríguez, M. A. (2001). Un estudio sobre la vinculación entre el lenguaje utilizado en clase y las representaciones construidas por los estudiantes durante el aprendizaje del tema reacciones químicas. (Tesis de licenciatura en enseñanza de la química). Universidad Nacional de General San Martín. Buenos Aires. Argentina.
- Sánchez Mejía, L., González Abril, J. & García Martínez, Á. (2013). La argumentación en la enseñanza de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*. Universidad de Caldas. Manizales, Colombia, 9(1), 11- 28.
- Sanmarti, N., (1997), Enseñar a elaborar textos científicos en las clases de ciencias. *Alambique*, 12, 51-61.
- Sardà, A & Sanmarti Puig, N. (2000). Enseñar a argumentar científicamente: un reto de las clases de Ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 405-422.
- Solbes, J. & Vilches, A. 1989. Interacciones Ciencia/ Técnica/ Sociedad. Un instrumento de cambio actitudinal. *Enseñanza de las Ciencias*, (7), 14-20.
- Sutton, C. (1997). Ideas sobre la ciencia e ideas sobre el lenguaje. *Alambique*, 12, 8-32.

Sutton, C. (2003). Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje, *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 21- 25.

Talanquer, V. (2010). Pensamiento intuitivo en química: suposiciones implícitas y reglas heurísticas. *Enseñanza de las ciencias*, 28 (2), 165-174.

Vygotsky, L. (1978). *Mind in society*. London: Harvard University Press.

Wellman, H. M., & Gelman, S. A. (1998). Knowledge acquisition in foundational domains. In W. Damon (Ed.), *Handbook of child psychology: Vol. 2. Cognition, perception, and language*, 523-573. Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons Inc.