UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA

Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

MAESTRÍA EN EDUCACIÓN EN CIENCIAS EXPERIMENTALES Y TECNOLOGÍA

Identificación y categorización de las dificultades en la lectura y comprensión de los enunciados de problemas de estequiometría en Química Aplicada

AÑO 2011

Autor: Martínez María Soledad
Director: Dra. Ana Lía De Longhi.
Co-director: Dra. Stella Maris Formica

ISBN 978-950-33-1092-2

Martínez, María Soledad
Identificación de las dificultades en la interpretación de enunciados de problemas en química aplicada / María Soledad Martínez ; adaptado por Ana Lía De Longhi. - 1a ed. - Córdoba : Universidad Nacional de Córdoba, 2011.
E-Book.

ISBN 978-950-33-1092-2

1. Química. 2. Enseñanza Universitaria. I. De Longhi, Ana Lía, adapt. II. Título
CDD 540.711

Fecha de catalogación: 21/11/2013

Resumen.

Los alumnos universitarios de primer año de las carreras de Ingeniería en la Universidad Nacional de Córdoba presentan numerosas dificultades en la lectocomprensión de los enunciados de problemas de Estequiometría. Estos obstáculos que obstaculizan el proceso de resolución de problemas, y por consiguiente el aprendizaje obedecen a diversos y complejos factores que no pueden reducirse únicamente a la habilidad de leer. Con el objeto de identificar con más precisión las dificultades de lectocomprensión de enunciados de problemas de estequiometria, se establecieron categorías teóricas de análisis para las dificultades de comprensión manifestadas por los alumnos. En base a dichas categorías se elaboraron una serie de relacionados con los niveles de representación del Modelo Estratégico Proposicional de Lectocomprensión de van Dijkt y Kintsch.

En una primera etapa, se proporcionó a los alumnos de Ingeniería que cursaban Química Aplicada un cuestionario en el que se utilizaron las categorías e indicadores propuestos desde la teoría. Luego, para enriquecer los resultados obtenidos a partir del cuestionario, se complementó el estudio con algunas sesiones de razonamiento en voz alta con alumnos.

El estudio permitió establecer un conjunto de categorías para las dificultades de comprensión que informaron los alumnos en este contexto, así como conocer algunas de las acciones que efectúan durante la lectura y que pueden llegar a influir positivamente en su comprensión.

También se expuso la relación profunda que existe entre la lectocomprensión de los enunciados de problemas de estequiometria y el lenguaje de la química.

Finalmente y de acuerdo a los resultados obtenidos se efectuaron algunas recomendaciones didácticas que contribuyan a mejorar la habilidad lectocomprensiva en este ámbito lo cual redundará en un mejor aprendizaje del tema.

Palabras Clave: Lectocomprensión, Representaciones mentales, Resolución de problemas, Química, Estequiometría.

Abstract.

The engineering students of the National University of Córdoba show many difficulties to read and understand stoichiometry problems texts. These problems of reading comprehension are an obstacle to the problem solving process and therefore learning, and they have their origin in different causes other than just mastering the mechanics of reading.

In order to identify and establish more precisely the difficulties of reading comprehension of these students, a set of theory based categories were built so they could be used to analyze student´s failures in managing stoichiometry problems texts. Each category was assessed using appropriate indicators, based on the representational levels of comprehension described by van Dijk and Kintsch.

In the first part of the study the students answered an inquiry that was prepared using the previously set categories and indicators. Later some students participate in thinking aloud sessions that helped to improve data from the inquiry. The study could validate the categories and indicators set to analyze the difficulties informed by the students in this context. It also permitted to exhibit some actions that were performed by the subjects to overcome the difficulties.

A close relationship between reading comprehension of the stoichiometry problems and the language of chemistry was shown in the results.

Finally and based on the results of the investigation there were suggested some didactic suggestions to improve the reading comprehension skills of the students during the Applied Chemistry classes.

Keywords: Reading comprehension, mental representations, problem solving skills chemistry, stoichiometry.

Agradecimientos

A mi esposo e hija, por ser mi inspiración.

A mis padres, por su apoyo incondicional.

A mi directora y a mi codirectora, por su inestimable guía.

Y a todas aquellas personas que de alguna manera me ayudaron a recorrer este camino.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. La problemática de la lectura en los primeros años de la Universidad. 1

1.2. Los enunciados de los problemas de lápiz y papel. 2

2. MARCO TEÓRICO. 6

2.1 El lenguaje y la educación en ciencias. 6

2.1.1. El discurso científico: características generales 8

2.1.2. Dificultades en la comprensión de textos originadas en el uso del lenguaje científico 9

2.1.3. El uso del lenguaje como mediador del proceso enseñanza aprendizaje en el aula de ciencias naturales. 10

2.1.4. Los textos utilizados en la enseñanza de las ciencias. Los enunciados de los problemas 11.

2.2 Problemática de la enseñanza de la química en carreras universitarias no químicas. 13

2.2.1. El lenguaje de la química. Implicancias didácticas. 16

2.2.2. Origen y evolución del código químico 20

2.2.3. Aspectos didácticos del tema estequiometría. 23

2.3. La Psicología Cognitiva y los modelos de lectocomprensión. 23

2.3.1. La memoria y la estructura de la mente 29

2.3.2 Representaciones mentales: proposiciones, esquemas mentales, modelos mentales 30

2.3.3. La psicolingüística y la comprensión del texto 31

2.3.4. El Modelo Estratégico Proposicional (M. E. P.) de van Dijkt y Kintsch para la comprensión del texto escrito 34.

2.3.5. Análisis del proceso de lectocomprensión de acuerdo al M.E.P 36

2.3.6. La comprensión del enunciado de un problema con cálculos. 38

2.3.7. La metacognición en el proceso de lectocomprensión. 39

2.4. Investigaciones acerca del lenguaje y su relación con la Enseñanza de las Ciencias. Estado del Arte. 40

3. METODOLOGÍA. 44

3.1. Hipótesis. 45

3.2. Objetivos de la investigación. 45

3.3. Características de la investigación. 47

3.3.1. Ámbito en donde se llevó a cabo la investigación. Estructura de la asignatura. 47

3.3.2. Los sujetos de la investigación. 47

3.3.3. El objeto de investigación. 48

3.3.4. La reflexión metacognitiva como proceso para la investigación de la lectocomprensión. 49

3.3.5. Los instrumentos de recolección de datos. 49

3.4. Etapas de la investigación. 49

3.4.1. Etapa Exploratoria. 49

3.4.2. Definición de categorías teóricas e indicadores. 54

3.4.3. Elaboración y administración del cuestionario. 57

4.3.4. Análisis de los datos del cuestionario. 59

3.4.5. Estudio en profundidad. 59

3.4.6. Análisis de los datos obtenidos en el estudio en profundidad. 60

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 63

4.1 Resultados del análisis del cuestionario. 63

4.1.1. Análisis general. 64

4.1.2. Análisis particular. Factores relacionados con los conocimientos previos del lector. 68

4.2.2. Análisis para cada enunciado. 73

4.2 Resultados del Estudio en profundidad. 98

4.2.1. Análisis de los indicadores utilizados 100

4.2.2. Resultados del análisis utilizando los indicadores derivados del cuestionario. 100

4.2.3. Análisis de las acciones realizadas por los alumnos durante la lectura. 121

5. CONCLUSIONES. 131

5.1. Sobre la metodología utilizada. Conclusiones metodológicas. 131

5.2. Sobre los resultados obtenidos. Conclusiones teóricas. 133

5.3. Recomendaciones didácticas. Conclusiones prácticas. 137

5.4 Consideraciones finales. 142

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. 144

7. ANEXOS. **162**

7.1. Transcripciones de las sesiones de razonamiento en voz alta. 162

7.2. Modelo del cuestionario proporcionado a los alumnos. 179

1. INTRODUCCIÓN

1.1. La problemática de la lectura en los primeros años de la Universidad.

Los alumnos que ingresan en los primeros años de la universidad se ven inmersos en una cultura académica diferente de la que conocieron en el Nivel Medio, situación que produce diversas dificultades, entre ellas, las habilidades de lectoescritura. Muchos docentes universitarios expresan que sus alumnos "no saben leer" o que "no comprenden lo que leen" y lo atribuyen a una formación deficiente en las habilidades lingüísticas en el nivel medio.

En las carreras relacionadas a las ciencias y la tecnología se proponen al alumno diferentes actividades en formato escrito, tales como ejercicios, problemas, prácticas de laboratorio, etc., siendo también un hecho común que los estudiantes experimenten dificultades para comprender estos textos. Esta situación suele atribuirse exclusivamente a deficiencias en la instrucción lingüística del estudiante (primaria para el alumno de media, secundaria para el alumno universitario), sin prestar atención a otros factores que pueden influir en la lectocomprensión.

En opinión de Carlino, (2005), la lectura no es una habilidad que se adquiere de una vez y para siempre, sino que se va construyendo en relación al área del conocimiento a la que se asocia dentro de una determinada "comunidad textual". Leer y comprender un texto de ciencias como Física, Química o Biología, requiere por parte del lector un conjunto de demandas particulares diferentes a las de un texto de leyes o uno de sociología.

No suele ser, sin embargo, en nuestro medio una práctica habitual el abordar contenidos de enseñanza que propicien un mejor desempeño lector de los alumnos noveles. Muchos docentes universitarios aducen que intervenir en este proceso sería un impedimento para su desarrollo como lectores autónomos y aquel alumno que solicita orientación no siempre la obtiene. Estos docentes piensan que si asisten al alumno en cuanto a la lectura, este se hará dependiente y no conseguirá convertirse en un lector autónomo. Según Estienne y Carlino (2004), la "madurez" y la "autonomía" que se espera de los lectores universitarios no son logros naturales, sino comportamientos sociales que se adquieren a través de los miembros más experimentados de la nueva cultura a

la que desean pertenecer, por lo que es tarea de los docentes introducir a estos alumnos dentro de esta nueva cultura y familiarizarlos con sus prácticas académicas y científicas, mediante las situaciones didácticas más propicias para lograr este fin. Los docentes de todas las disciplinas pueden contribuir a la formación lectora de sus alumnos acompañando, guiando y andamiando la práctica lectora que se quiere promover (Fernández e Izuzquiza, 2007).

1.2. Los enunciados de los problemas de lápiz y papel.

Los enunciados que involucran cálculos constituyen un grupo especial de las actividades que propone el docente en clase. El propósito de los mismos, por lo general, es que el alumno ponga en juego sus conocimientos conceptuales del tema que se trate, los resuelva y encuentre el resultado a través de una formalización matemática de la situación planteada. Suele llamarse comúnmente "problemas" a estas actividades, aunque esta denominación, como veremos, no es siempre acertada.

Un problema es una situación para la cual no es posible dar una respuesta y para la que, *a priori*, se desconoce cómo se podría hallar esa respuesta. Hayes (1980, p1) lo expresa de esta manera: *"Whenever there is a gap between where you are now and where you want to be, and you don't know how to find a way to cross that gap, you have a problem"*

En otras palabras, si el alumno no sabe de qué manera podría resolver una determinada actividad, ésta constituye un problema para él. Esa misma actividad, no obstante, puede ser sólo un ejercicio para otros alumnos que sí saben cómo resolverla, o al menos tienen una cierta noción de cómo deberían hacerlo. No existe ningún atributo propio de una actividad que la identifique de manera unívoca como un problema. Definir una tarea determinada como un problema es el resultado de una sutil interacción entre la tarea propuesta y los intentos del alumno por resolverla (Bodner y Herron, 2002).

Respecto a la resolución de un problema, Wheatley (1984) indica *"is what you do, when you don´t know what to do"* (p1). En otras palabras, resolver un problema supone la elaboración de una estrategia para hacerlo, sin saber exactamente cómo. Resulta ilustrativo el ejemplo también de Wheatley y citado por Bodner y Herron (2000) acerca de los pasos a seguir para solucionar un problema:

- Lea el problema.
- Ahora, lea el problema otra vez.
- Escriba aquella información que usted crea relevante.
- Dibuje un diagrama, haga un listado, escriba alguna ecuación o fórmula que le ayude a entender mejor el problema.
- Intente con algo más.
- Intente con otra cosa.
- Vea a dónde puede conducirle.
- Lea de nuevo el problema.
- Intente otra vez con algo nuevo.
- Vea dónde le lleva.
- Cuando lo crea conveniente, péguese con la mano en la frente e insulte.
- Escriba "una respuesta" (que no necesariamente es "la respuesta")
- Compruebe que la respuesta tiene sentido.
- Comience de nuevo el proceso si es necesario… De lo contrario…Celebre.

A pesar del tono jocoso con el que se han hecho estas recomendaciones, no se puede evitar reconocer el sentir de los alumnos cuando se ven enfrentados a estas tareas, quizás porque nosotros mismos nos hemos encontrado también en esa situación.

Es evidente que la resolución de un problema exige por parte del alumno la realización de un proceso con una gran demanda cognitiva y de mucha complejidad. A los fines de estudiar este proceso Koedinger y Nathan (2004) proponen dividirlo en dos fases, la fase de comprensión y la fase de solución. Durante la fase de comprensión el sujeto construye las representaciones internas que le permitirán entender la situación planteada, mientras que en la fase de solución, operará con estas representaciones internas, así como con representaciones externas (lo que escriba por ejemplo) para arribar a la respuesta del problema. Estas fases no ocurren de manera secuencial, separadas una de otra, sino que más bien se van imbricando entre sí, en sucesivos ciclos de comprensión-operación, que culminarían con la solución final.

En el desarrollo de la presente investigación, sólo nos concentraremos en la fase de lectocomprensión del enunciado del problema, sin ahondar en la resolución propiamente dicha.

La fase de comprensión de un problema planteado en formato escrito involucra, por supuesto, la lectura del enunciado y el procesamiento de la información verbal y/o simbólica proporcionada en él. La lectura es el primer contacto del alumno con el enunciado y con la comprensión del texto, el primer obstáculo con el que se encuentra al acometer la solución a un problema de lápiz y papel. Es claro entonces que el grado de fidelidad con que el alumno logre decodificar el mensaje del texto condiciona su posibilidad de resolver el problema (Meyer y Hagerty, 1996; Sánchez Giménez, 1995; Nathan y Kintsch, 1992, Cummings, Kintsch, Reusser y Weimer, 1988; García Madruga, 1988) Otros autores, como Pérez, Gallego y Torres (2005), Buteler y Gangoso (2001), Neto y Valente (2001), Gómez Moliné y Sanmarti, (1999), Otero, (1999) y Kempa (1989), han estudiado de qué manera las fallas de interpretación en los enunciados en formato escrito influyen en la fase de solución del problema. Así, cuando el docente trabaja con resolución de problemas de lápiz y papel, no debería concentrarse sólo en la fase de solución, sino que también debe proponer estrategias enfocadas al proceso de lectocomprensión que se desarrolla cuando el alumno se enfrenta al enunciado escrito.

Si a la hora de resolver un problema, la comprensión del enunciado es para el alumno un condicionante tan importante, es necesario conocer más acerca de la naturaleza y del origen de los factores que la obstaculizan ya que, en última instancia, dificultan su aprendizaje. Cabe preguntar entonces ¿Cuáles son exactamente las dificultades con las que se encuentra un alumno al leer el enunciado de un problema? ¿Cuál es el origen de estas dificultades? ¿Afecta el formato de los enunciados a la comprensión de los enunciados de trabajo? ¿De qué manera y en qué medida el lenguaje científico, con sus características particulares, obstaculiza la comprensión de estos enunciados? ¿Influirá el tipo de contenido, en este caso los conceptos químicos, sobre la capacidad de un alumno para decodificar y comprender el enunciado de un problema de estequiometría? ¿Qué importancia tiene el conocimiento de las herramientas matemáticas al momento de comprender el enunciado?

Como puede suponerse, estos interrogantes no tienen una respuesta sencilla ya que, por su propia naturaleza, la lectura comprensiva es una operación compleja que involucra múltiples sistemas psicológicos cognitivos y físicos, siendo el objeto de esta tesis buscar algunas respuestas para estas preguntas. Para ello, el proceso de lectocomprensión será abordado dentro de un contexto particular, las carreras de Ingeniería en su primer año de cursado y en referencia a una disciplina específica, la química, la cual presenta, como se expondrá más adelante, una problemática propia para su enseñanza aprendizaje.

En el desarrollo de la presente investigación se pretende identificar y categorizar aquellos factores que, en opinión de los alumnos, afectan decisivamente a su comprensión de los enunciados. La lectocomprensión se analizará desde el modelo de lectocomprensión (Modelo Estratégico Proposicional, en adelante M.E.P.) propuesto por van Dijk y Kintsch (1983 en van Dijk, 1994), el cual permitirá establecer una serie de indicadores que logren detectar las dificultades que perciben los alumnos al leer los enunciados. Así, se valorará cómo influye cada indicador sobre los diferentes niveles de representación mental que deben elaborarse para lograr la comprensión.

Consideramos que un conocimiento más detallado de los obstáculos que los alumnos encuentran al leer un enunciado, así como el grado en que influye cada uno de ellos sobre su comprensión, le permitirá al docente elaborar estrategias didácticas adecuadas para enseñarles a utilizar sus propios recursos cognitivos y metacognitivos con el objeto de sortear estos obstáculos. Por otra parte, se podrán revisar y reformular aquellos enunciados que por su construcción sintáctica y semántica presenten dificultades innecesarias al alumno, teniendo en cuenta siempre el objetivo final que es el aprendizaje significativo de la asignatura.

2. MARCO TEÓRICO.

2.1. El lenguaje y la educación en ciencias.

La palabra lenguaje constituye una categoría conceptual con numerosos significados, que varían de acuerdo a la disciplina desde la cual se lo aborde (la biología, la lingüística, la psicología, la filosofía, etc.). Desde una perspectiva lingüística, Halliday (2006) define al lenguaje como un sistema semiótico; es decir, un sistema de significados, para el que existe un contexto de uso y ciertos principios combinatorios formales.

El lenguaje es un fenómeno que ha acompañado al hombre en toda su evolución antropológica e histórica, impregnando completamente nuestra experiencia, creándola y reflejándola de una manera tan ubicua que apenas somos conscientes de él (Halliday, 2003).

El término discurso también acepta diversas definiciones, aunque para esta investigación se adoptará un sentido amplio del mismo en el que se reflejen las relaciones entre el lenguaje y su uso en un contexto determinado, tal como el que plantea Gee (1996), quien propone que el discurso se relaciona a *"ways of being in the world… forms of life which integrates words, acts, values, beliefs, attitudes, and social identities as well as gestures, glances, body positions and clothes"* (p 127). Por su parte, van Dijk (2004), considera al discurso como el lenguaje utilizado, puesto en acción, por un grupo social, dentro de un contexto.

Acorde a estas definiciones consideramos al docente y sus alumnos un grupo social que se desenvuelve en un ámbito específico, el aula, dentro del cual utilizan un lenguaje particular, propio de la interacción didáctica: el discurso didáctico. En esta interacción comunicativa que es el acto educativo, el discurso es el nexo entre el contenido que pretende enseñar el docente y lo que aprende el alumno. El aprendizaje ocurre gracias a la interacción comunicativa que se da entre el docente, el alumno y el contenido, dentro de un contexto determinado, e implica la construcción y reconstrucción de significados y la atribución progresiva de sentido, referido a los saberes organizados y ordenados culturalmente (De Longhi, 2007).

Todo lo expuesto pone de manifiesto la importancia del lenguaje del docente en la formación del estudiante. Son los profesores quienes dirigen la comunicación en clase, ellos son los referentes lingüísticos de sus alumnos y son sus intervenciones los factores primordiales para la comprensión de los conceptos. Los docentes de ciencias no suelen, sin embargo, prestar demasiada atención al papel que juega el discurso en clase, considerando que éste sólo incumbe a las materias humanistas. No obstante, numerosos autores, entre los que podemos citar a De Longhi (2007), Candela (2006), Sutton, (2003) , Mortimer (2001) , Borsese (2000), Gómez Moline y Sanmartí (1999), Lemke (1998) y Driver, Asoko, *et al.* (1994), señalan que aprender ciencias (o cualquier disciplina) va más allá que una mera adquisición de contenidos conceptuales, siendo más bien un proceso de endoculturación en el que resulta imprescindible la adquisición de los códigos propios de esa cultura. Los profesores de ciencias deben entonces ser también "profesores de lengua" y enseñar el lenguaje propio de la física, la química o la biología, a fin de lograr una formación global de sus alumnos. En este proceso ocurre también una interacción entre el lenguaje natural y los códigos lingüísticos de la ciencia, que también debe ser considerada, ya que sobre esa interacción se plantea la negociación continua del sentido de las palabras, de manera que los profesores y sus alumnos logren encontrar un lenguaje común de significados compartidos, cada vez más cercanos al saber científico convalidado.

Desde esta perspectiva, el docente constituye un mediador entre la cultura, el objeto del conocimiento y los significados personales que adquieren los alumnos, cumpliendo el rol de vigilante epistemológico del conocimiento que se construye y legitima en el aula (De Longhi, 2007). El lenguaje, como ya se dijo, es el vínculo que permite esta mediación y allí radica la importancia de una planificación de esta interacción discursiva (tanto oral como escrita) por parte del docente, quien puede, de esta manera, influir sobre sus alumnos para ayudarles a construir las representaciones que favorezcan la comprensión de lo escuchado o lo leído y, a través de estas, el aprendizaje significativo.

En cada situación de enseñanza-aprendizaje el docente transforma el objeto del conocimiento a través de las diferentes actividades orales o escritas que propone en el aula y que orientan todo el proceso de enseñanza aprendizaje.

2.1.1. El discurso científico: características generales.

Los enunciados de los problemas de química, como los de cualquier otra disciplina científica, son redactados utilizando el lenguaje científico. Este constituye un tipo de lenguaje especializado construido sobre la matriz del lenguaje natural y basado en el esquema conceptual particular de cada disciplina (Mogollón, 2002). El lenguaje de la ciencia es utilizado para comunicar el saber y los logros alcanzados en el trabajo científico.

A continuación se enumeran algunas características distintivas de este tipo de lenguaje:

- Posee un estilo más bien llano y escaso uso de valores estilísticos y matices.
- En él predomina la función comunicativa específica, informativa o referencial con formas elocutivas expositivas y argumentativas.
- Los medios lingüísticos, léxicos y gramaticales del discurso científico son muy específicos, con un marcado carácter monosémico, lo cual posibilita un alto grado de exactitud y precisión informativa en la comunicación. (Moreira, 2003).
- Las formas verbales son en general impersonales y descontextualizadas del narrador (Álvarez Angulo, 1996) haciendo hincapié en "lo que se hace" y no en "quién lo hace". El vocabulario utilizado pretende ser unívoco y objetivo. La componente denotativa de las palabras es dejada de lado para resaltar el significado preciso de las mismas a fin de lograr la máxima exactitud en la comunicación de las ideas y es frecuente el uso de los códigos icónicos y simbólicos (como en el caso del leguaje de la química)
- Es frecuente la nominalización de verbos. En esta operación los eventos, tradicionalmente caracterizados por verbos, son "empaquetados" en sustantivos. Esto permite la exposición de las acciones descriptas con pocas palabras, así como también su caracterización y clasificación dentro de sistemas conceptuales (Halliday y Martin, 1993). Por ejemplo, en la expresión "La evaporación del agua", el sustantivo evaporación en realidad está refiriéndose a la acción constituida por el pasaje del agua del estado líquido al gaseoso. Es evidente la economía de palabras que se logra con esta operación.

Por otro lado y siguiendo con el mismo ejemplo, la evaporación puede clasificarse como uno de los cambios en los estados de agregación de la materia, mientras que al hablar del "agua que se evapora"; es decir, el proceso, esto no sería posible.

2.1.2. Dificultades en la comprensión de textos originadas en el uso del lenguaje científico.

Es innegable la estrecha relación que existe entre un área del conocimiento y su lenguaje específico. De acuerdo con Vygostky (1995) el pensamiento y el lenguaje constituyen una unidad dialéctica en la que uno es indispensable para el desarrollo del otro. Así, el lenguaje ayuda a construir conceptos científicos cada vez más elaborados y éstos a su vez contribuyen a configurar un lenguaje cada vez más preciso. Sólo a través de la comunicación de las ideas que se logra la adecuada estructuración de las mismas. Al enseñar ciencias, el objetivo del docente es que el estudiante comprenda la actividad científica y sus productos de la manera más fidedigna posible y, por ello, el profesor se vale del discurso científico para transmitir los contenidos a enseñar. Sin embargo, esto constituye un obstáculo para muchos estudiantes quienes carecen de las estructuras mentales apropiadas para decodificarlo adecuadamente.

Numerosos autores, entre los que podemos citar a Borsese y Santos (2005), Mc Namara (2004), Gómez Moliné y Sanmarti (1999), Lemke (1998), Mortimer y Amaral (1997), Mortimer y Machado (1996) y Llorens (1991), plantean que las características del discurso científico, al estar sustancialmente alejadas de las formas coloquiales del lenguaje, obstaculizan la comprensión de los textos que leen los alumnos, entre ellos los enunciados. El alto grado de abstracción generado por la desconexión entre el narrador, el contexto y el texto, así como el mecanismo de nominalización, son algunos de los escollos comunes con los que se encuentran los estudiantes a la hora de comprender el lenguaje de la ciencia (Haydar, 2000; Mortimer y Machado, 1996; Llorens, 1991).

Como ya se discutió, aprender ciencia implica adquirir en alguna medida la cultura científica, aprendiendo a utilizar sus códigos (Driver, Asoko, *et al.*

1994), de modo que en la clase de ciencia se aprende un nuevo lenguaje especializado que, además de palabras, incluye otras formas de representación, tales como gráficos, símbolos matemáticos, símbolos químicos, etc. (Márquez, Izquierdo y Espinet, 2003). En resumen, si aprender ciencia significa aprender a "hablar y a escribir" ciencia está claro que los obstáculos que presenten estos códigos verbales y no verbales, para el alumno, influirán negativamente en su aprendizaje. En palabras de Lahore (1993, p 62) *"el conocimiento de un lenguaje extraño es mucho más que el mero aprendizaje de etiquetas nuevas para conceptos conocidos. Implica la adquisición de un nuevo sistema semántico y de un nuevo modo de pensar y de ver la realidad"*

2.1.3. El uso del lenguaje como mediador del proceso enseñanza aprendizaje en el aula de ciencias naturales.

Las tendencias vigentes en la didáctica de las ciencias se inscriben en la concepción constructivista de la enseñanza – aprendizaje, en la que el sujeto cognoscente es el responsable de la construcción de su propio conocimiento. Esta construcción ocurre gracias a la interacción que se da entre el docente, el alumno y el contenido en un contexto determinado. Desde la perspectiva que planteamos, el aprendizaje constituye un proceso de construcción y reconstrucción de significados y de atribución progresiva de sentido por parte del alumno, el cual está referido a saberes organizados y ordenados culturalmente. Este proceso ocurre a través de la acción mediadora del docente que es quien orienta la construcción de los significados y sentidos a fin de que éstos se acerquen a los contenidos culturales que son el objeto del aprendizaje. En cada situación de enseñanza-aprendizaje el docente transforma el objeto del conocimiento mediante diferentes procesos de interacción; es decir, mediante las diferentes actividades que propone en el aula. Las directivas de trabajo o consignas son una parte importante en el discurso del docente ya que ponen el curriculum planificado en acción y actúan como mediadoras en el acto educativo, regulando y organizando las tareas cognitivas de los alumnos para la realización de una tarea que les ayude a construir su aprendizaje. Así, el

docente propone actividades que crean las situaciones para que el estudiante pueda interaccionar con el conocimiento y acceder a los contenidos. Todas estas situaciones se hallan necesariamente mediadas por el lenguaje. La interacción comunicativa es el nexo entre el contenido que pretende enseñar el docente y lo que aprende el alumno, de modo que el acto educativo constituye un proceso de comunicación en el que el entorno social cobra vital importancia. De esta manera, el diálogo entre el docente y el alumno constituye un medio para elaborar significados compartidos entre ambos, dentro del contexto de las actividades propuestas (De Longhi, Ferreyra, *et al.* 2003).

Desde estas posturas el estudio de la interacción discursiva entre alumno y docente constituye un foco prioritario para los investigadores de los procesos de enseñanza aprendizaje, siendo esencial para comprender el por qué y el cómo ocurren los mismos.

2.1.4. Los textos utilizados en la enseñanza de las ciencias. Los enunciados de los problemas.

El discurso en el aula puede ser abordado desde su vertiente oral o escrita y es, en cualquiera de sus formas, un mediador en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La presente investigación hace foco en el discurso escrito, el cual se hace presente en el aula a través de numerosos materiales curriculares, tales como libros de texto, cuadernos, publicaciones periodísticas, guías de problemas, etc.

Llamaremos al discurso escrito texto; esto es, cualquier pieza o fragmento de lenguaje inscrito en algún vehículo o soporte físico, que tiene por objeto la transmisión/percepción de ideas y que se asocia a ciertas intenciones y a un determinado contexto de acción o de relaciones humanas (Padrón Guillén, 1995). Los textos se pueden clasificar de acuerdo a las funciones del lenguaje que predominen en ellos y a su trama. Las funciones del lenguaje representan las intenciones del autor del texto y la trama, el modo en que se estructuran los recursos de la lengua para vehiculizar estas funciones. (Kaufman y Rodríguez, 1993). En el desarrollo de este trabajo, se analiza el discurso escrito o texto en una de sus variantes, los enunciados de problemas que involucran cálculos.

Por su función y su trama, los enunciados en estudio se clasifican dentro de los textos del tipo instruccional, cuyo objetivo primordial es el de comunicar una serie de directivas para realizar alguna acción. Estos textos se organizan en secuencias de base explicativa y descriptiva, acompañados de datos numéricos así como de una o varias directivas o consignas; es decir, la o las órdenes que se le dan al alumno, como por ejemplo, "Calcule…"; "Explique…"; "Grafique…", etc.

Al igual que otras directivas de trabajo impartidas por los docentes, los enunciados de problemas de cálculo tienen por función operar sobre la actividad manifiesta o mental de un aprendiz a fin de promover su aprendizaje.

En el ámbito universitario, los enunciados de problemas son presentados al alumno mayormente en formato impreso, reunidos y organizados en guías de actividades diversas (laboratorios, ejercicios, problemas) que vehiculizan y organizan las directivas de trabajo durante las clases y el estudio individual fuera de ellas.

2.2. Problemática de la enseñanza de la química en carreras universitarias no químicas.

La química estudia la materia, sus características y modificaciones mediante modelos que describen el comportamiento de las diminutas partículas que la conforman. Esta disciplina constituye una materia fundamental para muchas carreras no químicas como la medicina, la biología, la geología o las diferentes ramas de la ingeniería[1].

Sin embargo, a pesar de la necesidad de enseñar química en éstas y otras carreras universitarias, los alumnos muchas veces no logran aprender satisfactoriamente estos contenidos, a los cuales perciben como poco útiles y

[1] Según los estándares nacionales de educación universitaria para las Carreras de Ingeniería, establecidos en la resolución 1232/01 del Ministerio de Educación de la Nación, la química debería ocupar unas 50 horas dentro de las 750 horas dedicadas a las ciencias básicas en estas carreras.

desconectados de las situaciones propias de la carrera que han elegido. Las causas de esta situación son complejas y escapan de los alcances de esta tesis.

Además de los factores motivacionales mencionados, la química presenta, por sí misma, una serie de dificultades para el aprendizaje estudiadas en la bibliografía especializada (Llorens, 1991; Pozo y Gómez, 1998, Flor Reyes y Garritz, 2006), dificultades que se relacionan fundamentalmente al alto grado de abstracción de sus conceptos mediados por interpretaciones simbólicas, lo cual les hace poco accesibles a la realidad sensible de los estudiantes.

Estas dificultades son revisadas por Pozo y Gómez (1998) y pueden resumirse en la tabla 3.1.

1- Concepción continua y estática de la materia, se ve representada como un todo indiferenciado.
2- Indiferenciación entre cambio físico y cambio químico
3- Atribución de propiedades macroscópicas a átomos y moléculas.
4- Identificación de conceptos como, por ejemplo, sustancia pura y elemento.
5- Dificultades para comprender y utilizar el concepto de cantidad de sustancia.
6- Dificultades para establecer las relaciones cuantitativas entre: masas, cantidades de sustancia, número de átomos, etc.
7- Explicaciones basadas en el aspecto físico de las sustancias implicadas a la hora de establecer las conservaciones tras un cambio de la materia.
8- Dificultades para interpretar el significado de una ecuación química ajustada.

Tabla 3.1: Algunas dificultades en el aprendizaje de la química. Tomado de Pozo y Gómez Crespo (1998, p:153)

Puede observarse, a partir de la información aportada, que muchas de las dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos con respecto a la química tienen su origen en las dificultades representacionales que presentan los modelos de estructura interna de la materia, inaccesibles a los sentidos y

también en el obstáculo que supone el aprendizaje de un nuevo lenguaje simbólico y formalizado, a veces críptico para el que se inicia en esta disciplina (Galagowsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003). Con el objeto de aclarar mejor estas confusiones de los alumnos suele recurrirse a un esquema planteado por Jonhstone (1991) quien propone que los conceptos en química pueden ser abordados desde tres niveles representacionales profundamente interrelacionados:

- Nivel macroscópico: en el que se incluyen los fenómenos percibidos de manera directa a través de los sentidos. Todos los sistemas materiales pueden ser caracterizados a través de la información sensorial que aporta este nivel de representación.
- Un nivel nanoscópico: constituido por los modelos corpusculares que se utilizan para explicar las características y fenómenos descriptos en el nivel macroscópico.
- Un nivel simbólico que involucra un lenguaje propio en el que, a través de símbolos, fórmulas y diferentes estructuras formalizadas de representación gráfica, se describen los procesos y fenómenos que ocurren en los dos niveles anteriores.

La interrelación entre los tres niveles ocurre de manera apropiada cuando es mediada por la interacción sinérgica entre las representaciones lingüísticas y pictóricas que construye el sujeto. Tal es el caso del químico experto, quien es capaz de pensar en los tres niveles de manera simultánea y relacionarlos entre sí, adquiriendo así una representación conceptualmente rica y completa del fenómeno que estudia.

Si se pretende que el alumno logre comprender los conceptos de química es primordial que pueda utilizar los tres niveles representacionales descriptos y relacionarlos entre sí correctamente.

El nivel simbólico, no obstante, cobra una particular relevancia porque impregna en mayor o menor medida a los otros dos niveles. Es a través del código químico que pueden relacionarse los niveles macro y nanoscópico, y, más importante aún, es que es este código el que permite comunicar los conceptos de la disciplina. Dado el papel central que tiene el lenguaje en esta

tesis, se analizará en detalle el nivel simbólico de la química, que suele llamarse también "El lenguaje de la química".

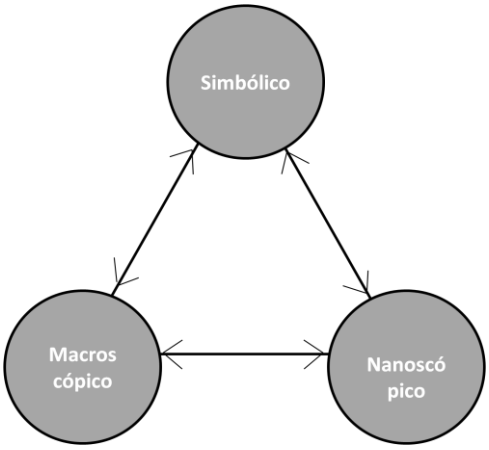

Figura 2.1: Relaciones entre los niveles representacionales de la química descriptos por Johnstone.

2.2.1. El lenguaje de la química. Implicancias didácticas.

El lenguaje de la química, al igual que ocurre con otras disciplinas, como la matemática o la música, está construida en base a un código no verbal formado por símbolos. Los símbolos (o funciones semióticas) son expresiones físicas generadas por la naturaleza o por el hombre que representan algo (un concepto u objeto) de acuerdo con un conjunto de reglas codificadoras convencionalmente aceptadas por una sociedad (Eco, 2000). Como "grupo social", los químicos, utilizan un sistema de símbolos o signos no verbales creados y formados a través de reglas con un determinado fin comunicativo. Todos estos elementos (símbolos, reglas y fin) constituyen en conjunto el código químico cuyos signos (o la expresión de la función semiótica) poseen un significado o contenido que pueden ser reconocidos tanto por el emisor como por el receptor del mensaje (Sevilla Muñoz, 2003). Como ocurre con otros códigos no verbales, el código químico se encuentra restringido a la transmisión del contenido para el cual ha sido desarrollado; es decir, para los conceptos de la química, de modo tal que la forma en que se relacionan los signos no verbales refleja las relaciones entre los conceptos de la disciplina.

El código químico es polisintético; es decir, que cada símbolo encierra en sí mismo muchos significados. Así, por ejemplo al escribir la fórmula NaCl, un químico encuentra en ella mucha información enmarcada en los tres niveles

representacionales ya mencionados. El experto sabe que el símbolo representa un compuesto formado por el metal sodio unido al no metal cloro. Desde el punto de vista macroscópico, el experto piensa también en una sal haloidea de color blanco, soluble en agua, de alto punto de fusión, etc. Esta fórmula también le informa acerca de la estructura interna del compuesto, de la naturaleza iónica del enlace que vincula a los átomos de cloro y sodio, de la estructura cristalina del compuesto con sus iones en proporción 1:1 y dispuestos de forma alternada, etc. Puede irse aún más lejos, ya que el químico también puede pensar en cada símbolo por separado e identificar al sodio como un metal blando, un reductor fuerte gracias a su único electrón de valencia que es fácilmente removible por su bajo potencial de ionización. En tanto que el cloro es asociado con su naturaleza de gas amarillo verdoso, altamente oxidante debido a la alta afinidad electrónica. De esta manera, el químico es capaz de extraer todos estos datos de una mera fórmula y relacionarlos entre sí. No obstante, no ocurre lo mismo con el aprendiz, quien probablemente, no "lea" más información que la que le proporcionan sus sentidos. Para muchos alumnos, aún para estudiantes universitarios de los primeros años, NaCl es la sal blanca soluble en agua, de sabor acre, utilizada para condimentar los alimentos.

Puede verse que la dimensión simbólica de la química es mucho más que la escritura de fórmulas. Ella implica, necesariamente, una comprensión de todos los demás niveles representacionales ya mencionados. Para comunicar las ideas propias de cualquier nivel representacional (macroscópico o nanoscópico) es necesario primero comprender esas ideas, luego conocer y, finalmente, poder manejar el nivel simbólico correctamente.

El aprendizaje de la escritura de fórmulas y símbolos químicos implica, por lo tanto, que el estudiante comprenda, además de la información sensible, el significado corpuscular subyacente a ellos, ya que las letras y números que las forman representan la manera en que los átomos de las sustancias se hallan combinados entre sí.

El sistema de nomenclatura química también forma parte del nivel simbólico, ya que es con estos nombres con los que se pretende denominar de manera unívoca a las sustancias representadas por las fórmulas y símbolos químicos.

Los símbolos químicos, fórmulas químicas y los nombres de las sustancias se combinan en las ecuaciones químicas para representar el cambio químico. Las ecuaciones químicas son representaciones con un alto nivel de abstracción. Simbolizan un fenómeno tan complejo como la ruptura de los enlaces químicos de los reactivos y la formación de los nuevos enlaces en los productos, mediante signos no menos complejos.

De esta manera, tal como ocurre con los símbolos y con las fórmulas químicas, la ecuación química proporciona al químico muchísima información a nivel macroscópico a través de las proporciones de combinación de masas y en el nivel nanoscópico, porque cada fórmula o símbolo representa a una sustancia determinada con una estructura interna propia que se modificará durante la reacción. La escritura correcta e interpretación de una ecuación química exige conocer y aplicar, además, una serie de reglas y convenciones basadas en conceptos fundamentales de la disciplina. Como ya se dijo, el código químico no es independiente del contenido que representa; de modo que, otra vez, es necesario comprender la naturaleza macroscópica (cuantitativa) y nanoscópica del cambio químico a fin de poder trabajar con las ecuaciones químicas.

Algunas reglas y convenciones que se utilizan para la escritura de ecuaciones químicas son:

- Las sustancias que se escriben a la izquierda se denominan reactivos y se hallan separados por signos +, los cuales indican la combinación química de los mismos[2].
- Se utiliza una flecha para indicar el proceso de la combinación química que dará como resultado los productos. Esta flecha puede ser de sentido único, convencionalmente de izquierda a derecha o, en el caso de una reacción en equilibrio dinámico, la flecha tendrá sentido doble.

[2] Debe recordarse que combinación química no significa la unión entre las partículas de las sustancias involucradas sino que implica la ruptura de los enlaces que existen entre dichas partículas y la formación de nuevos enlaces que darán lugar a las partículas de los productos.

- Los productos se hallan separados también por signos +, aunque estos últimos ya no significan reacción química sino adición; es decir, que la reacción está dando lugar a más de un producto.
- La ecuación química aporta información acerca de las proporciones de combinación mediante números llamados coeficientes estequiométricos que se colocan delante de los símbolos o fórmulas. Estos números permiten además representar la ley de conservación de la masa, en tanto igualan el número de átomos que hay antes y después de la reacción.
- Los estados de agregación en que se encuentra cada una de las sustancias involucradas se indican como subíndice a la derecha de cada fórmula con la correspondiente inicial entre paréntesis. Por ejemplo el carbono sólido se simboliza como: $C_{(s)}$
- Las condiciones de reacción, como la temperatura o el medio, son simbolizadas sobre la flecha.

Existen otras convenciones que varían de acuerdo al tipo de reacción química que se está representando mediante la ecuación; no obstante, las enumeradas arriba son generales y aplicables a todas las reacciones.

Para ilustrar mejor estas reglas, obsérvese el siguiente ejemplo extraído de uno de los enunciados en que se basó esta investigación:

$$3\ CCl_{4(l)} + 2\ SbF_{3(s)} \rightarrow 3\ CCl_2F_{2\ (g)} + 2\ SbCl_{3(s)}$$

El significado de esta ecuación sería más o menos el siguiente: El tetracloruro de carbono, compuesto covalente apolar en estado líquido reacciona químicamente con el trifluoruro de antimonio, sal iónica sólida, en una proporción de 3 moles a 2. Al reaccionar dan como producto 3 moles de un gas covalente polar llamado freón-12 y 2 moles de la sal iónica tricloruro de antimonio en estado sólido. Se puede corroborar que se cumple la Ley de Conservación de la masa ya que la ecuación está balanceada mediante los correspondientes coeficientes estequiométricos.

Como puede observarse, a las dificultades que produce la decodificación de los símbolos químicos y de las fórmulas se suman aquellas derivadas de las reglas y convenciones necesarias para decodificar las relaciones que representa la ecuación química y también aquellas reglas que deben aplicarse para poder

escribirla. Los estudiantes tienen problemas, por ejemplo, en diferenciar subíndices de coeficientes, en relacionar la proporcionalidad en la combinación de partículas con las proporciones de combinación de masas; también suelen establecer falsas reglas de conservación de moles en lugar de conservación de átomos (Pozo y Gómez, 1998; Llorens, 1991; Flor Reyes y Garritz, 2006).

Como puede verse, trabajar simultáneamente con los tres niveles representacionales propuestos puede resultar bastante complejo para un alumno de química que recién inicia sus estudios en esta disciplina, tal como es el caso de los sujetos de esta investigación. Sería recomendable que el docente pueda colaborar señalando de manera explícita desde qué nivel interpretar los conceptos que desarrolla y de qué manera se van relacionando entre ellos mediante el código de la química.

2.2.2. Origen y evolución del código químico.

Tal como expresan Padilla, Furió y Azcona *et al.* (2005), la comprensión de los conceptos implica conocer su origen y evolución histórica, así como su status epistemológico. El código químico no es una excepción, de manera que resulta importante que el docente y el alumno conozcan estos aspectos para lograr una enseñanza - aprendizaje significativo del mismo. Este contenido no debiera reducirse a un mero aprendizaje memorístico de una serie de reglas arbitrarias y su aplicación mecánica a diferentes fórmulas. El estudiante debería poder ver y manipular al menos algunas de las sustancias que debe aprender a nombrar y simbolizar, además de comentar sus usos más comunes. Según García y Bertomeu (1998), deberían mostrarse, además, las razones que dieron origen a cada nombre o fórmula química, por lo que sugiere abordar también el estudio de la evolución del lenguaje de la química. En relación a esto, es menester señalar que muchas de las dificultades halladas por los alumnos son un reflejo de los problemas que hicieron evolucionar al código químico, como por ejemplo la sinonimia entre varios términos. Se analizará entonces brevemente esta evolución histórica, para comprender mejor estas dificultades.

El origen de la simbología y nomenclatura, como la misma química, hunde sus raíces en la historia, pudiéndose encontrar sus rastros en épocas tan lejanas como la Edad Antigua, en la que surgieron los nombres de muchos metales, como el oro, la plata, el cobre, etc. En la Edad Media, la práctica de la alquimia produce un nuevo lenguaje con términos oscuros en significado y cargados de connotaciones alegóricas. El carácter cerrado del lenguaje alquímico, si bien significó un atraso en la evolución de la ciencia, contribuyó a la consolidación de un lenguaje propio de la química. Aún hoy podemos encontrar rastros de términos heredados de los alquimistas, como por ejemplo el elemento *mercurio* o la palabra *saturnismo*, referida al envenenamiento con plomo. Ambos términos muestran la relación que establecían los alquimistas entre los elementos y los planetas.

El nombre de otros elementos químicos tiene un origen variado y bastante arbitrario. Existen así elementos cuyos nombres derivan de los lugares en que se extraían, como por ejemplo el cobre, el cual era obtenido en Chipre. Otros nombres se originaron en propiedades macroscópicas, como el color, por ejemplo el cloro, de chloros que significa verde. Otros derivan del nombre de los minerales a partir de los cuales se aislaron, tales como el calcio obtenido de la piedra caliza.

El primer intento de normalizar los nombres de las sustancias químicas nace con el "*Methode de nomenclature chimique*" escrito por Antoine Laurent Lavoisier, Luis Bernard Guyton de Morveau, Antoine Fourcroy y Claude Louis Berthollet y publicado en el año 1787. Este manual se basó en una nueva concepción de la composición química y en él se dividieron las sustancias en elementos y compuestos. También se tradujeron los nombres triviales de las sustancias en una nomenclatura sistematizada basada en la composición química. Por ejemplo, el "Azafrán de Marte" pasó a llamarse óxido de cinc, el "Aceite de Vitriolo", ácido sulfúrico. Además se establecieron nombres diferentes para compuestos formados por los mismos elementos en distintas proporciones, naciendo así los sufijos *ico* y *oso* para referirse a sustancias saturadas de oxígeno o con menos oxígeno en su composición, como por ejemplo el ácido sulfúrico y el ácido sulfuroso. Muchos de estos nombres se conservan en el sistema que hoy se enseña como la "Nomenclatura Tradicional". Con este primer intento de sistematización se elimina en gran

parte la sinonimia y polisemia existente en aquel momento para los nombres de muchas sustancias químicas.

Los símbolos son también parte del código de la química. A lo largo del tiempo los elementos químicos fueron simbolizados de diferentes maneras. Así, los alquimistas utilizaban los símbolos zodiacales para representar los metales y el oro, por ejemplo, se representaba con el símbolo correspondiente al sol o el mercurio, con el del planeta del mismo nombre.

En 1778, los químicos Jean Henri Hassenfratz y Pierre Auguste Adet fueron invitados por los autores del "Methode" para crear un sistema de símbolos que permitiera representar las sustancias químicas. El sistema que crearon se incluyó en dicha obra y consistió en utilizar figuras geométricas para simbolizar a los elementos y compuestos.

Treinta años después, en 1808, el inglés John Dalton propuso representar a los elementos mediante símbolos similares a los alquímicos. Sin embargo, no era sencillo, desde el punto de vista técnico[3], incluir estos símbolos en un texto impreso. Más adelante, Jöns Jacob von Berzelius perfeccionó la idea de Dalton introduciendo, en 1814, un sistema basado en el que los elementos y compuestos fuesen representados con letras. Este simbolismo algebraico, con algunas modificaciones, es el que utilizamos en la actualidad.

La necesidad de uniformizar los nombres y símbolos de las sustancias llevó en 1913 a la creación de la Comisión de Nomenclatura perteneciente al Consejo de la Asociación de Sociedades Químicas, que más tarde y luego de la primera Guerra Mundial, se transformó en la International Union of Pure and Applicated Chemistry, IUPAC. Este organismo es, desde entonces, el encargado de sistematizar y estandarizar los nombres de las sustancias, los cuales se dan a conocer mediante publicaciones periódicas. A pesar de la existencia de normas sistemáticas todavía persisten en el léxico de los químicos nombres triviales, algunos de ellos incluso reconocidos por la IUPAC, como el amoníaco o el mismo agua. Eso sin contar que la mayoría de los elementos químicos siguen nombrándose con sus denominaciones originales, los cuales en general no son nombrados con reglas sistemáticas.

[3] Era difícil construir las matrices tipográficas para los símbolos circulares de Dalton.

Todo lo expuesto ayuda a entender por qué el aprendizaje del lenguaje de la química resulta tan difícil para los alumnos. Entender la nomenclatura química, tan sólo de los elementos, requiere la adquisición de un código simbólico basado en una lengua desconocida, el latín, en el cual los referentes (es decir, las mismas sustancias simbolizadas) no son familiares para los estudiantes (por ejemplo Rb, rubidio) o, peor aún, son identificados de manera errónea con sustancias familiares (el fósforo que induce a pensar en las cerillas, que hoy en día no se fabrican con ese elemento). En cuanto a las normas sistemáticas para nombrar los compuestos, la situación no mejora. Casi siempre los alumnos acaban empleando reglas memorísticas para aprender a escribir fórmulas y nombrar compuestos, sin pensar en los fundamentos que subyacen detrás de éstos, ni en las razones que existen para utilizar ese código (Borsese, 1997; Gómez Moliné, Morales, Reyes-Sánchez, 2008).

2.2.3. Aspectos didácticos del tema: Estequiometría:

El cambio químico es un concepto fundamental dentro de la química. Varios autores, entre los que podemos citar a Gillespie, Eaton, Humphreys y Robinson (1994), Garritz (1998); Atkins (2005), Caamaño (2006), lo mencionan como un contenido primordial en la enseñanza de la química en todos los niveles educativos.

La reacción química puede abordarse desde los tres niveles representacionales ya descriptos: en sus aspectos macroscópicos (es decir, las percepciones sensoriales); en los modelos nanoscópico (que explican la transformación de sustancias en otras a partir de la ruptura y formación de enlaces químicos) y desde un nivel simbólico (mediante el cual se expresan estos cambios). A estos niveles de representación se debe sumar una nueva dimensión del cambio químico relacionada a sus aspectos cuantitativos, mediante el cual se pueden predecir las proporciones de masas en las que se combinan las sustancias así como las cantidades de producto que puede obtenerse. Los aspectos cuantitativos del cambio químico son estudiados por la **estequiometría**, y el dominio de este contenido demanda la integración entre los tres niveles representacionales de Johnstone (1991).

El término estequiometría proviene del griego “stoicheion” (elemento) y “metron” (medida). Este saber surge en 1792, cuando el alemán Banjamin Richter, basándose en las investigaciones de Lavoisier acerca de las masas de combinación, inicia un nuevo programa de investigación en el que aplica relaciones matemáticas (tal como se venía haciendo en la física) a las trasformaciones químicas en busca de una ley que describiera y predijera las proporciones de combinación de las masas (equivalentes químicos) que intervenían en las reacciones químicas. Nace así el llamado paradigma “equivalentista” de la química, orientado al análisis químico y cuyos adeptos rechazaron terminantemente la naturaleza discreta de la materia (Mora, García y Mosquera, 2002). Es dentro de este paradigma que Joseph Proust, en 1801, enuncia su “Ley de las proporciones definidas”.

En 1803, John Dalton propone su teoría atómica, según la cual la materia está compuesta por unidades discretas, invisibles e indivisibles a las que llamó átomo. Tanto la Ley de la Conservación de la Masa de Lavoisier como la Ley de las Proporciones Definidas de Proust fueron interpretadas por Dalton en función de los átomos; es decir, que la conservación de la masa se debe a la indestructibilidad de los átomos y que las relaciones constantes de combinación de masas se deben a que los átomos como entidades discretas se unen en proporciones fijas al formar compuestos. La definición de elemento químico de Lavoisier fue modificada ya que, según la teoría atómica, un elemento estaría formado por átomos idénticos en masa, proponiendo entonces que las propiedades de las sustancias se relacionaban con la masa atómica. Como puede verse, Dalton propuso una interpretación atomista de las leyes ponderales de Proust y Lavoisier, aunque, además, enunció su propia ley de las “proporciones múltiples” referida a las proporciones de combinación en sustancias diferentes formadas por los mismos elementos. Las ideas atomistas no eran nuevas, ya habían sido propuestas mucho antes por los griegos (AC 400), por Robert Boyle y por el mismo Newton (SXVII y SXVIII). Pero Dalton fue el primero que basó su teoría en observaciones experimentales y presentó una propiedad del átomo susceptible de ser medida, la masa atómica. Elaboró una tabla de masas atómicas, pero el principio en el que se basó (Principio de máxima simplicidad) era incorrecto y, por lo tanto, las masas que calculó también lo fueron. No obstante, estas ideas sirvieron como punto de partida

para muchos científicos de la época, quienes se dedicaron a construir una tabla de masas atómicas relativas confiables[4]. Entre ellos podemos citar a Jons Jacob Berzelius (autor del sistema de símbolos químicos), a Amadeo Avogadro y a Andre Marie Ampére, entre otros.

La imposibilidad de observar las entidades atómicas era un argumento fuerte en contra de esta teoría ya que, en ese momento histórico, lo que no podía medirse "no existía" como entidad física y, a lo sumo, podía ser considerado como una "ficción conveniente" (Niaz, 1994). La mayoría de los químicos, entonces, eligieron el marco más confiable del equivalentismo, basado en mediciones empíricas de relaciones de masa o volumen, ambas magnitudes susceptibles de ser medidas con exactitud. Paradójicamente, el concepto clave de la estequiometría moderna, el mol, fue introducido en 1900 por un equivalentista acérrimo, Wilhelm Ostwald, aunque con un significado diferente del actual.

Desde estos paradigmas enfrentados surge un áspero debate acerca de la composición de las sustancias, que no concluyó hasta 1905, año en el que Albert Einstein publica su artículo sobre el movimiento browniano, en el que sienta las bases experimentales y definitivas para la aceptación de la estructura atómica de la materia (Moreno González, 2006).

Comprender la estequiometría implica poder relacionar estas dos visiones, las proporciones de partículas que participan en la reacción y las proporciones de masas macroscópicas que son susceptibles de ser medidas en una balanza y todo ello a través del marco simbólico dado por la ecuación química balanceada. Como puede observarse a partir de la historia, integrar estas visiones no fue sencillo para los científicos, como tampoco lo es para los estudiantes. Esta integración requirió la introducción del concepto de cantidad de sustancia y su unidad el mol, a mediados del SXX, los que posibilitan el nexo entre las dimensiones atómicas y las macroscópicas, pero desde una visión discreta de la materia. Según lo que proponen Azcona, Furió, Intxausti e Irizar (2005), para favorecer la adecuada comprensión de estos compuestos es

[4] Los resultados publicados por el francés Joseph Luis Gay Lussac (1778-1850) sobre los volúmenes de combinación de algunos gases contradecían la ley de máxima simplicidad enunciada por Dalton y ponían en duda la misma escala de masas atómicas.

necesario que el alumno pueda definir correctamente la cantidad de sustancia como aquella que le permitirá relacionar el nivel microscópico con las masas macroscópicas, lo cual supone que logre aceptar una visión discreta de la materia. Además el alumno debe diferenciar la cantidad de sustancia de otros conceptos tales como la masa molar, el volumen molar o el número de partículas. Estas magnitudes se relacionan de manera directa con la cantidad de sustancia, pero no son equivalentes a ella.

No es de extrañar que la comprensión de estos conceptos resulte bastante ardua para los estudiantes, quienes prefieren utilizar nociones más cercanas a su percepción directa, afines a posiciones equivalentistas.

Se revisarán a continuación los orígenes y evolución de la cantidad de sustancia y del mol, ya que, tal y como mencionan Padilla *et al*. (2005), Rogado (2004) y Furió, Azcona y Guisasola (2002), esto permite entender mejor cuáles son las dificultades que los alumnos tienen con ese tema.

El término mol, en latín significa "masa grande" y era utilizado por los romanos para nombrar a las piedras pesadas que se utilizaban en la construcción de los rompeolas de los puertos y para las muelas de los molinos. Fue introducido en química por primera vez alrededor de 1865, por el químico alemán August Wilhelm Hofmann (1818-1892), para indicar cualquier masa macroscópica grande, en contraste con la masa "molecular" submicroscópica.

Es en medio del encarnizado enfrentamiento entre equivalentistas y atomistas que el químico equivalentista alemán Wilhelm Ostwald introduce, en 1900, el término mol definiéndolo como "la masa molar en gramos numéricamente igual a su masa molecular relativa", un significado cercano al de peso equivalente. Más tarde, al aceptarse la existencia de los átomos (el mismo Ostwald, finalmente se rindió ante la evidencia), surge la necesidad de tener una nueva magnitud que permita contar partículas por pesada y se define la "cantidad de sustancia" estableciéndose el mol como unidad. En 1961, la IUPAC y la IUPAP establecen a la cantidad de sustancia y a su unidad fundamental el mol[5].

---

[5] SI base unit for the amount of substance (symbol:mol). The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon-12. When the mole is used, the elementary entities must be

La cantidad de sustancia y el mol han sido objeto de numerosos trabajos de investigación en la didáctica de las ciencias ya que constituyen uno de los obstáculos que más inciden en el aprendizaje de la estequiometría; es decir, en los aspectos cuantitativos de la reacción química. Al respecto, Kolb, (1978, en Furió *et al.*, 2002, p 229) afirma "*There is probably no concept in the entire first year chemistry course more important for students to understand than the mole and one of the main reasons the mole concept is so essential in the study of chemistry is stoichiometry".*

Estas dificultades no se relacionan tanto con el uso del cálculo proporcional sino que más bien parecen originarse en las concepciones erróneas que los mismos docentes tienen acerca del concepto de cantidad de sustancia y del de mol (Padilla *et al.*, 2005; Rogado, 2004; Santa Ana, Cárdenes y Martínez, 2002; Furió *et al.*, 2002; Furió y Furió, 2000; Furió, Azcona y Guisasola, 1999). Estos dos conceptos son entidades construidas por la ciencia y no tienen referentes en la vida cotidiana, tal como lo expresan Gabel y Bunce (1994, en Furió 2002 p230), "students' errors or nonconceptions could hardly be called intuitive conceptions. They arise because of insufficient instruction or inappropiate teaching strategies"

Furió *et al.* (1999) sugieren que si el profesorado desconoce el origen y la evolución epistemológica de la magnitud cantidad de sustancia y del mol, transferirá estos conceptos de manera distorsionada a sus estudiantes. En general todas estas ideas erróneas se originan en confusiones entre el nivel nanoscópico y el nivel macroscópico, en las que podemos ver reflejadas las viejas discrepancias entre los químicos atomistas y los equivalentistas.

Se analizarán brevemente entonces cuáles son los aspectos problemáticos que presenta la enseñanza - aprendizaje de estos conceptos, siguiendo la revisión efectuada por Furió *et al.* (2002).

En cuanto a la enseñanza:

---

specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles, or specified groups of such particles (IUPAC, 2006)

- Los conceptos cantidad de sustancia y mol son introducidos a los alumnos de manera descontextualizada del problema histórico que los generó, sin atender al cambio epistemológico que estos mismos conceptos sufrieron a lo largo de la historia.
- El concepto de cantidad de sustancia no es introducido en la mayoría de los programas de enseñanza de la química. Se suele identificar esta magnitud con la masa o con la constante de Avogadro y no se atiende a su significado actual de magnitud que sirve para contar partículas.
- La cantidad de sustancia y su unidad, el mol, se confunden con otros conceptos tales como la masa molar o la constante de Avogadro.

En el aprendizaje, los estudiantes:

- Carecen de una concepción científica del mol.
- Frecuentemente identifican al mol con una masa, con un volumen o con un número de entidades elementales.
- Desconocen el significado de la magnitud "cantidad de sustancia", no identifican al mol como su unidad y evitan su manejo significativo.
- Confunden con frecuencia el nivel macroscópico de representación (masa molar) con el nanoscópico (masa atómica y masa molecular)

2.3. La Psicología Cognitiva y los modelos de lectocomprensión.

La psicología cognitiva estudia el funcionamiento del pensamiento humano en oposición a las ideas asociacionistas que predominaron en la psicología durante la primera mitad del siglo XX (Rivière, 1991). Si bien el cognitivismo agrupa una gran variedad de posturas psicológicas, todas coinciden en explicar a la conducta mediante *"entidades mentales, estados, procesos y disposiciones de naturaleza mental(...)"* (Rivière, 1987, en Pozo, 1989, 42). En esta definición tan amplia, pueden enmarcarse las teorías del Procesamiento de la Información, la Teoría Psicogenética de Piaget, las Teorías de Vygotsky, entre otras. Todas estas posturas teóricas explican de qué manera las personas conocen el mundo

a través de representaciones y estructuras mentales y cómo actúan en función de ellas. Tal como expresa Otero (1999), lo que las personas somos, hacemos, queremos o pensamos no depende de nuestras conductas eficientes o de los estados mentales que las acompañan, sino de las representaciones que tenemos de nosotros mismos y del mundo que nos rodea.

En este marco, según indica Pozo (2003), el programa dominante de la psicología cognitiva actualmente es el de Procesamiento de la Información de acuerdo al cual se considera al ser humano como una entidad de cómputo que maneja información de manera análoga a un ordenador. Así, el ser humano es un ser que activamente busca y reelabora información, interactuando con las variables ambientales a las que se enfrenta (Pozo, 1989). Con todas sus limitaciones y debilidades, la "metáfora del ordenador" es la base de buena parte de los argumentos de la psicología cognitiva reciente.

Si la mente humana se comporta como un ordenador, su estructura primordial, tal como ocurre en los ordenadores, es la memoria. La manera en que este sistema se estructura en la mente resulta fundamental para explicar muchas de las operaciones mentales, entre ellas la comprensión lectora. En el Modelo Estratégico Proposicional para la lectocomprensión de van Dijk y Kintsch, la comprensión de un texto requiere de la construcción de varias representaciones mentales en las que necesariamente participa la memoria, tal como se discutirá más adelante.

2.3.1. La memoria y la estructura de la mente.

Las representaciones mentales, así como los procesos por los cuales éstas se incorporan, se almacenan y se recuperan, requieren de la memoria como sistema primordial, constituyéndose así (tal como ocurre en el ordenador) en la estructura básica de la mente. No obstante, la memoria humana dista mucho de ser un archivo literal, sino más bien un conjunto de representaciones reelaboradas por nuestra mente. Pozo (2000) nos dice que la memoria es, más que un almacén de recuerdos, una forma de reconstruir e imaginar el mundo.

La mente está formada, básicamente, por dos sistemas de memoria interconectados entre sí: la memoria operativa llamada también memoria a corto plazo y la memoria permanente o a largo plazo.

La memoria operativa es una especie de controlador atencional en el cual se almacena transitoriamente la información y se administran los recursos cognitivos de la mente. Este controlador está formado a su vez por dos estructuras subsidiarias: el "rizo articulatorio" -que procesa básicamente información fonológica- y la "libreta de notas visoespacial" -que trabaja con información espacial e icónica (Baddeley, 2003). La memoria operativa posee una capacidad limitada para procesar la información y cualquier sobrecarga enlentece las operaciones mentales, tal como ocurre cuando a un ordenador se le recarga la memoria R.A.M. haciendo correr varios programas de manera simultánea.

La memoria permanente constituye un lugar casi ilimitado de almacenamiento de información. Se divide también en dos subsistemas, la memoria implícita o no declarativa y la memoria explícita o declarativa. La memoria explícita comprende a la memoria semántica, que contiene el conocimiento general del mundo y a la memoria episódica, relacionada a hechos específicos de nuestras vidas. La memoria implícita no requiere un control consciente por parte del sujeto e incluye habilidades generales, aprendizajes no asociativos y condicionamientos clásicos (Baddeley, 2004).

2.3.2 Representaciones mentales: proposiciones, esquemas mentales, modelos mentales.

Como ya se expuso, las representaciones mentales constituyen un punto común en toda la psicología cognitiva, son entidades simbólicas que representan diferentes cosas en nuestra mente. Muchas clases de representaciones mentales han sido descriptas en diferentes investigaciones psicológicas (Paivio, 1990). La manera en que se construyen y operan estas representaciones da lugar a diferentes posturas dentro del cognitivismo, como por ejemplo los enfoques basados en la lógica proposicional, en imágenes, en modelos mentales o en las

teorías conexionistas de conocimiento distribuido (Colom y de Juan-Espinosa, 1998).

El Modelo de Lectocomprensión que guía esta investigación (M. E. P.) se fundamenta en tres tipos de representaciones mentales: las proposiciones, los esquemas o guiones y los modelos mentales. A continuación se definirán y describirán brevemente cada una de ellas, en tanto que su papel en el M.E.P.será analizado más profundamente en secciones posteriores.

Proposiciones

Las proposiciones son representaciones psicológicas derivadas del lenguaje que constituyen unidades de significado y que implican la predicación acerca de algo (Asensi Borrás, 2004). Son entidades abstractas amodales o supramodales; es decir, que representan el contenido semántico de la información de manera independiente a la forma en que esta información es transmitida por el emisor o procesada por el receptor.

Estas representaciones mentales juegan un papel central en muchos modelos de lectocomprensión basados en el Procesamiento de la Información. Incluso, en algunos de estos modelos, otros tipos de representaciones mentales son reinterpretadas en términos de proposiciones (Paivio, 1990), tal como ocurre en el M.E.P.

Dentro del M. E. P., las proposiciones son las unidades de significado psicológico que utiliza el lector para construir la representación del significado del texto. En la sección siguiente se analizará mejor el papel de las proposiciones en la elaboración de estas representaciones.

Esquemas mentales

Dentro de la Teoría del Procesamiento de la Información, Bartlett (1932) define al esquema mental como *"una organización activa de reacciones anteriores o de experiencias pasadas que funcionará siempre que haya un orden o regularidad en la conducta".* Otros autores se han referido a estos constructos como guiones o "scripts" (Shank y Abelson, 1987 en Pozo, 1989) o como marcos mentales o "frames" (Minsky, 1974). Son, en general, marcos organizativos de la experiencia con los que se almacenan conceptos más o menos abstractos sobre eventos, acciones y rutinas. Los esquemas constituyen

paquetes organizados de información que funcionan como un todo. Como se trata de representaciones estereotipadas, la manera en que los sujetos comprenden o interpretan las experiencias son restringidas, permitiendo así que realicen operaciones mentales con gran rapidez.

En la comprensión de textos los esquemas juegan un papel importante ya que, de acuerdo al modelo de lectocomprensión que orienta esta tesis, las personas almacenan y organizan muchos de sus conocimientos previos mediante estos constructos. Los lectores pueden tener, por ejemplo, un esquema acerca de los tipos textuales o sobre la coherencia local de oraciones; otro relacionado con los contenidos tratados en el texto, etc., que se irían activando a medida que el sujeto lee. Estos esquemas ayudan al lector a enmarcar el significado del texto dentro de sus conocimientos previos, permiten la generación de inferencias sobre información no explícita, favoreciendo así la elaboración de las representaciones mentales necesarias para la comprensión del texto (Tijero, 2009).

Por su carácter estático y estereotipado, los esquemas son representaciones asociadas primordialmente a la memoria permanente (Téllez, 2005).

Modelos mentales

Fueron propuestos por primera vez en 1943 por el psicólogo Kenneth Craik (Johnson-Laird, 2005) quien sugería que las personas "piensan" construyendo en sus mentes modelos análogos a la realidad, los cuales les permiten anticiparse a algunos sucesos mediante hipótesis predictivas. Estos constructos poseen una naturaleza icónica subyacente ya que sus partes guardan relaciones de correspondencia con el referente. Sin embargo, los modelos mentales también pueden representar ideas o situaciones abstractas, entidades y personas, eventos y procesos (Johnson-Laird, 2005).

Cada modelo nos describe una situación determinada, temporal y espacialmente bien delimitada. En tanto los esquemas constituyen guiones para situaciones estereotipadas, los modelos mentales representan un ejemplo concreto de alguna situación. Por ejemplo, al concurrir a un restaurante activamos el esquema mental correspondiente, pero éste no nos permitiría

actuar si ocurre algo inesperado que rompa el guión, como que el mozo nos arroje la sopa encima. Un modelo mental constituye la representación de alguna visita particular a un restaurante específico, en él se incluiría información referida a la fisonomía del mozo, a los platos que se comieron, al nombre del vino, al clima, etc. (Tijero, 2009)

Los modelos mentales son dinámicos y susceptibles de modificaciones; si el mozo nos arroja la sopa, el modelo mental puede ser modificado para registrar tal incidente e incluirlo en él. El esquema mental, en cambio, no se modifica.

Por su naturaleza dinámica los modelos mentales suelen asociarse a la memoria operativa, aunque también pueden almacenarse en la memoria permanente (Téllez, 2005)

2.3.3. La psicolingüística y la comprensión del texto.

La psicología cognitiva en su carácter interdisciplinar ha incluido también a la lingüística dando origen así a la psicolingüística, disciplina que estudia la manera en que se utiliza el lenguaje y los procesos cognitivos que se ponen en juego en su uso.

Para la psicología cognitiva el proceso de la lectura es de sumo interés ya que cuando un lector se enfrenta a un texto utiliza todos sus recursos mentales. Describir estos eventos, entonces, supone conocer cuestiones centrales de la psicología cognitiva tales como las representaciones mentales, los procesos atencionales, el almacenamiento y recuperación de información (León, 1996).

Diversos investigadores han desarrollado modelos de comprensión dentro de los supuestos cognitivistas mencionados antes, entre los que podemos mencionar el Modelo Estratégico Proposicional de van Dijk y Kintsch (van Dijk, 1995), la Teoría Construccionista de Graesser (Graesser, Singer y Trabasso, 1994) y el modelo de Construcción e Integración de Kintsch, (1998).

En el desarrollo de esta investigación se utilizó el modelo estratégico proposicional (M. E. P.) de van Dijk y Kintsch (van Dijk, 1994). Este modelo constituye una explicación de la comprensión del texto desde sus características semánticas, mediante un enfoque basado en el procesamiento de

la información y que, además, incluye elementos sociológicos y lingüísticos. (Parodi, 2005; van Dijk, 1994).

EL M. E. P., según Parodi (2005) descansa sobre dos supuestos básicos, cada uno de los cuales engloba otros de menor jerarquía:

El supuesto cognitivo: Cada vez que se enfrenta a un escrito, el lector construye una representación mental del significado del mismo. El sujeto hace uso de la información que le provee el texto y de sus propios conocimientos para interpretarlo. Este acto interpretativo es, para los autores del modelo, un supuesto constructivista (Parodi, 2005).

El supuesto contextual: Por otra parte, la construcción del significado del texto, no ocurre en un "vacío", sino que se da en un contexto socio cultural determinado. En todos los niveles del discurso encontramos "huellas" del contexto. La inclusión de variables sociológicas en el acto de comprender el discurso como un hecho global, le otorga rasgos estructuralistas a este modelo.

2.3.4. El Modelo Estratégico Proposicional (M. E. P.) de van Dijk *y Kintsch para la comprensión del texto escrito.*

La Real Academia Española de la Lengua, (R.A.E., 2008) define al verbo comprender como la acción de *"Abrazar, ceñir, rodear por todas partes algo. / Contener, incluir en sí algo. / Entender, alcanzar, penetrar"* Comprender, desde la psicología cognitiva, implica que el sujeto construya representaciones metales apropiadas del objeto percibido (Jonhson-Laird 1980). La comprensión constituye una función cognitiva compleja, un proceso de alto nivel en el cual intervienen diversos sistemas de memoria y atencionales, procesos mentales de codificación y percepción así como operaciones inferenciales, sustentadas en los conocimientos previos y en factores contextuales (Alfonso y Jeldres, 1999).

En una comunicación verbal, oral o escrita, la comprensión se logra cuando el sujeto ha decodificado, de manera más o menos fiel, lo que el emisor ha intentado transmitirle y lo ha hecho significativo para sí. La comprensión del texto es uno de los procesos más complejos y amplios realizados por la mente humana en el que se ponen en juego tanto procesos básicos de percepción y atención como procesos complejos de elaboración de significados.

Existen numerosos modelos que explican el fenómeno de la comprensión del texto. Modelos jerárquicos de procesamiento ascendente y descendente , modelos de procesamiento en paralelo y, por último, otros modelos interdisciplinarios que integran la psicología cognitiva con elementos lingüísticos, lógicos y sociológicos, como el Modelo Estratégico Proposicional de van Dijk y Kintsch.

Al igual que Téllez (2005), consideramos que estos modelos interdisciplinarios resultarían más adecuados para el estudio de la lectocomprensión ya que abarcan una serie de factores además de los psicológicos, que posibilitan un mejor tratamiento de tan complejo fenómeno (Téllez, 2005). Desde estos modelos la comprensión depende de las representaciones mentales que los sujetos logren construir a partir del mensaje del texto y de la reestructuración de los propios conocimientos (Campanario y Otero, 2000; Graesser y Olde, 2003; Graesser, Olde *et al.*, 2005; Jonhson-Laird, 1980; van Dijk, 1994) con el objeto de "hacer suyo" el mensaje del texto.

La comprensión del texto escrito ocurre con la mediación de la lectura. A través de la decodificación de un sistema de signos lingüísticos escritos el lector extrae el mensaje propuesto por el autor de un texto. Esta actividad implica la puesta en juego de una serie de habilidades cognitivas complejas, que comienzan con la identificación e interpretación de los estímulos visuales provocados por los símbolos gráficos impresos y acaban con una reestructuración de los conocimientos del lector a partir de la nueva información incorporada.

Como la adquisición de la habilidad lectora deriva de una acción instruccional, numerosos elementos influyen en su ejecución efectiva. Factores tales como el nivel de conocimientos previos del aprendiz u otros procesos psicológicos generales subyacentes a cualquier actividad de aprendizaje, las características del texto y todas las referidas al acto instruccional en sí condicionarán fuertemente la habilidad del lector para llevar a cabo eficazmente esta tarea (Asensi Borrás, 2004).

Resulta complejo analizar qué ocurre en la mente del lector cuando lee un texto y de qué modo se produce la comprensión del mismo. El proceso completo no es lineal y el lector puede avanzar o retroceder a medida que lee y trata de comprender. Por otra parte, si la habilidad de leer se ha constituido en el sujeto

como una actividad automática, la lectura y la comprensión se suceden tan velozmente que no es posible delimitar cada una de estas fases. Es necesario entonces desglosar el proceso de lectocomprensión en etapas a fin de posibilitar su estudio (Asensi Borrás, 2004; van Dijk, 1994; Campanario y Otero, 2000). Estas etapas se organizan de acuerdo al grado de profundidad con que se procesa el mensaje del texto, ocurriendo así en primer lugar eventos de reconocimiento superficial que incluyen el acceso visual y el acceso al léxico para luego dar lugar a la construcción de las representaciones mentales en niveles de profundidad creciente: el texto base, la macroestructura y finalmente el modelo situacional.

2.3.5. Análisis del proceso de lectocomprensión de acuerdo al M.E.P.

El acceso visual es el primer evento que ocurre al leer un texto. La percepción de las marcas de tinta sobre el papel activa la memoria icónico-simbólica que retiene esta información por unos instantes y la deriva a la memoria de trabajo. Es aquí donde, mediante el auxilio de la memoria permanente, se produce el reconocimiento de las letras y demás símbolos utilizados en los textos escritos. La información gráfica receptada por nuestros ojos adquiere entonces un primer valor lingüístico. La exactitud y automaticidad con que operan estas habilidades resultan esenciales para poder distraer la atención hacia la sintaxis y la interpretación del contenido del texto (Asensi Borrás, 2004).

Luego del reconocimiento gráfico de las palabras se construyen las primeras representaciones mentales de las mismas, que serán comparadas con aquellas previamente almacenadas en nuestro léxico mental o lexicón[6], para así acceder al concepto asociado a dicho término (Guzmán Rosquette, 1997). Este proceso de asociación de palabras con su significado mental correspondiente se

[6] El lexicón o diccionario interno, incluye una cantidad de información suplementaria al significado de cada palabra tales como sus representaciones fonológicas, ortográficas, morfológico sintácticas así como también un conjunto de términos asociados al significado al término (Luque Durán, 2004).

denomina acceso al léxico, y con él se construyen las unidades portadoras de significado lingüístico, morfemas y palabras, partiendo de los eventos perceptivos descriptos anteriormente. El acceso al léxico es descrito por varias teorías que defienden posturas de acceso por ruta única, fonológica o visual y por rutas duales, en donde ambas formas se complementan una con otra. Según las posturas duales, la vía fonológica se desarrolla con la lectura y, a su vez, contribuye al aumento del léxico interno, lo cual posibilitaría un mejor uso de la vía léxica, redundando en una progresiva mejora de la eficacia lectora (Guzmán Rosquete, 1997). De acuerdo a Alegría y Leybaert (1987, en Asensi Borrás, 2004), la vía fonológica tendría un papel generativo, de descubrimiento de significados, lo cual permitiría que, en futuras ocasiones, las palabras se procesen por la vía léxica al convertirse en familiares. Para lograr una lectura eficaz, el reconocimiento semántico de palabras debe ocurrir rápida y automáticamente.

Todos estos eventos de reconocimiento superficial del texto confluyen en los procesos de interpretación y comprensión los cuales según el M.E.P. pueden a su vez desglosarse en tres etapas de acuerdo al grado de profundidad con que se extrae el significado del mismo (van Dijk, 1994).

El primer nivel de interpretación incluye a varios subprocesos que confluyen en la construcción de la microestructura o texto base, que es la primera representación del significado literal del texto. En primer lugar ocurriría el análisis (parsing) sintáctico; es decir, la asignación de categorías gramaticales y relaciones estructurales a las partes de la oración. La integración de este análisis sintáctico junto con las representaciones internas originadas en los constituyentes de la oración deviene en la interpretación semántica de la misma. Todos estos eventos de procesamiento superficial, permiten construir microproposiciones que formarán parte de una primera representación mental del significado del texto: la *microestructura* o texto base. Psicológicamente, la construcción de la microestructura por parte del lector equivale a decir que el texto es legible; es decir, que tiene una cierta coherencia que lo hace inteligible (Ugarriza, 2006; Tijero, 2009). Estos eventos evolucionan desde el texto a la mente del lector y, por lo tanto, se denominan procesos de abajo hacia arriba o botton-up.

Luego de la elaboración de la microestructura se suceden etapas de procesamiento profundo o inferencial, en las cuales el lector pone en juego sus propios conocimientos, construyendo nuevas estructuras mentales que le permiten una comprensión más acabada del significado del texto. En estos eventos de procesamiento profundo los conocimientos previos del lector interactúan con la información del texto y, por eso, son llamados de "arriba hacia abajo" o top-bottom.

La conjunción de los procesos top-bottom y bottom-up en el lector conduce a la construcción de macroproposiciones que forman la *macroestructura* del texto; constructo éste que permite organizar la representación de un texto en la memoria (van Dijk, 2004). Luego, el lector puede enriquecer esta representación con elementos no explicitados en el texto y que provienen de sus propios conocimientos, creando de esta forma otra representación cognitiva más amplia llamada *modelo situacional* del texto (Campanario y Otero, 2000). El modelo situacional es un modelo mental que representa los actores, los acontecimientos y los objetos que constituyen la situación planteada en el texto (Johnson-Laird, 1980; van Dijk y Kintsch 1983 en van Dijk, 1994).

Para algunos autores, como Ugarriza (2006), van Dijk (2004), Graesser (2003), Campanario y Otero (2000) y Jonhson-Laird (1980, 2005), el criterio de comprensión de un texto se basa en que el lector pueda construir en su memoria a largo plazo una representación de la situación descripta en él. La coherencia textual también se haya relacionada con el modelo situacional que construye el lector, porque las proposiciones de un texto se definen como coherentes siempre en referencia a este modelo mental (van Dijk, 1994). En otras palabras, si una persona no logra encajar sus proposiciones de macroestructura con un modelo mental adecuado, no encontrará coherencia en el texto y, por lo tanto, le resultará difícil de comprender. También puede suceder que el lector se quede con representaciones más superficiales del mensaje del texto, tales como la microestructura o la macroestructura, sin llegar a elaborar un modelo de la situación, con lo que sólo comprendería de manera parcial el significado del texto.

Como puede observarse, en tanto que son necesarios para la macroestructura, el modelo situacional y el modelo del problema, los conocimientos previos del lector juegan un papel preponderante a la hora de comprender un texto. Estos

saberes, que pueden corresponder al conocimiento general sobre el mundo o al conocimiento específico sobre el discurso, permiten al lector determinar qué proposiciones serán relevantes al significado del texto y cuáles no, proporcionando además un andamiaje mental que contribuye a focalizar la comprensión del lector y a favorecer la elaboración de inferencias.

2.3.6. La comprensión del enunciado de un problema con cálculos.

Para comprender el enunciado de un problema que involucra cálculos, el lector debe, además de elaborar el modelo situacional del texto, construir las relaciones formales (Ecuaciones matemáticas) del enunciado y referirlas a la situación que se plantea en el texto construyendo así otra representación mental llamada el "modelo del problema". En otras palabras, para que el lector comprenda un enunciado de este tipo, debe ser capaz de construir el texto base, la macroestructura, un modelo situacional cualitativo y un modelo del problema que incluya las relaciones matemáticas formales adecuadas (Nathan y Kintsch, 1992).

2.3.7. La metacognición en el proceso de lectocomprensión.

Metacognición es un término que se utiliza para designar una serie de operaciones, actividades y funciones cognitivas llevadas a cabo por una persona mediante un conjunto interiorizado de mecanismos intelectuales que le permiten recabar, producir y evaluar información, a la vez que hacen posible que esa persona pueda conocer y autorregular su propio funcionamiento intelectual. En otras palabras, la metacognición es un proceso que implica aplicar el pensamiento al mismo acto de pensar. Se refiere al conocimiento y al control activo que uno mismo tiene sobre los propios procesos y productos cognitivos, tales como la memoria, el aprendizaje, la atención, la comprensión, etc. (Flavell, 1976).

Algunos autores, como Livingston (1997) y Vergara y Velásquez (1999), clasifican los procesos metacognitivos en dos grandes grupos: Aquellos que

activan componentes de la memoria produciendo así el conocimiento metacognitivo y los que ocurren en paralelo al proceso mental sobre el que actúan, en cuyo caso se dará la experiencia metacognitiva y el control metacognitivo. La experiencia metacognitiva implica que el sujeto se da cuenta del proceso mental que está realizando, en tanto que el control supone la puesta en marcha de estrategias para mejorar dicho proceso.

Las relaciones entre los procesos metacognitivos de las personas y el proceso de comprensión lectora de textos han sido profusamente estudiados por muchos autores, entre los cuales mencionaremos algunos que específicamente abordan la comprensión de los textos científicos, tales como López, Márquez y Vera (2008), Maturano, Mazzitelli y Macías (2006), Ochoa y Aragón (2005) y Otero (1990), entre otros. En estas publicaciones se expone una fuerte relación entre la lectura, la comprensión y la metacognición. Tal como se expuso en la sección anterior, comprender un texto implica activar esquemas adecuados de pensamiento que permitan construir un modelo situacional de la información escrita. Los procesos metacognitivos actúan cuando el lector es consciente de que puede o no encajar la información dentro de sus esquemas mentales; es decir, que el texto tiene sentido para él y por lo tanto lo ha comprendido efectivamente. Los lectores pueden acomodar sus estrategias según estén cómodamente entendiendo lo que leen o no; de haber discordancias o incoherencias en el texto que se le presenta el buen lector es capaz de detectarlas por medio de los procesos de monitoreo y de aplicar estrategias adecuadas que permitan lograr la comprensión del sentido el texto. Para que esto pueda ocurrir la persona debe ser consciente de su dificultad; de lo contrario no será capaz de establecer ninguna acción correctiva.

2.4. Investigaciones acerca del lenguaje y su relación con la Enseñanza de las Ciencias. Estado del Arte.

En la última edición del Handbook on Science Education (2007) se dedica un capítulo a comentar las diversas líneas de investigación vigentes sobre el lenguaje y la enseñanza de las ciencias. El gran número de trabajos allí citados muestra la importancia y la potencialidad de este marco de trabajo.

De acuerdo a Carlsen (2007) los orígenes de las investigaciones acerca del lenguaje y su relación con el aprendizaje son variados. El primero de los autores allí citados es Lev Vygotsky, cuya obra "Pensamiento y Lenguaje" resulta relevante a los objetivos prácticos de esta tesis. En este trabajo, Vygotsky explica de qué manera se enlazan la consolidación de los conceptos y el lenguaje durante la maduración del niño. Para este autor, todas las ideas de orden superior son mediadas por los instrumentos y signos (entre ellos el lenguaje natural) los cuales son a su vez productos de la vida social. No obstante, va más allá aún, considerando que el uso de estas herramientas o símbolos, en este caso el lenguaje, modifican el flujo de las acciones mentales. En el adulto el pensamiento y el lenguaje se encuentran interconectados de tal manera que no son posibles el uno sin el otro. Así los procesos relacionados con el lenguaje (tales como el proceso de enseñanza aprendizaje) influyen en el pensamiento o viceversa (Vygotsky, 1990); por ejemplo, un palabra mal empleada puede detener momentáneamente el discurrir del habla. Una noción particularmente importante para la enseñanza de las ciencias es la manera en que el sujeto elabora los conceptos cotidianos y los científicos. Según Vygotsky, mientras que los conceptos cotidianos son adquiridos mediante la experiencia concreta y son luego elaborados con grados crecientes de abstracción, los conceptos científicos surgen de un marco conceptual previo, evolucionando desde lo abstracto a lo concreto. Es poco probable entonces que los conceptos científicos surjan de manera espontánea en los alumnos, siendo entonces imprescindible el rol mediador del docente para su aprendizaje.

Esta teoría incompleta y de principios de siglo XX dio lugar a numerosas interpretaciones sobre el lenguaje en la enseñanza, considerando la mediación operada por los símbolos y signos.

De acuerdo a Carlsen (2007) los trabajos sobre el discurso en la Educación en Ciencia, pueden agruparse dentro de distintas posturas teóricas:

La semiótica social y la sociolingüística: representada principalmente por las investigaciones de Lemke (1998). Desde estas posturas, el lenguaje es considerado dentro del contexto en el que se desarrolla, que es el aula. Su significado cobra sentido dentro de esa cultura. Para algunos investigadores (Candela, 2006; Jiménez Alexaindre y Díaz, 2003; De Longhi, 2007; Mortimer, 2001; Gómez Moliné y Sanmartí, 1999; Llorens, 1991) el contexto del aula es un entorno social en el cual la enseñanza es mediada por el discurso del docente, activador de habilidades cognitivas y lingüísticas. Dentro de este enfoque teórico, los investigadores aplican, para su estudio, distintas metodologías, como la etnometodología y el análisis crítico del discurso.

Las ciencias cognitivas y la psicolingüística: Desde este enfoque se exploran las representaciones mentales que elaboran las personas a partir de la comprensión del discurso. Numerosos investigadores trabajan dentro de este marco teórico, entre los que podemos citar a Buteler, Coleoni y Gangoso (2008), Portolés y López (2008), Portolés y López (2007), Coleoni *et al.* (2001), Buteler y Gangoso (2001), Buteler, Gangoso, Brincones y González (2001), Maturano, Mazzitelli y Macías (2006), Maturano, Soliveres y Macías (2002), Macías, Castro y Maturano (1999), Otero (1990) y Otero y Campanario (1996), entre otros.

El presente trabajo se enmarca en su mayor parte dentro de esta última línea: la psicolingüística y la psicología cognitiva. No obstante, al considerar al enunciado de los problemas como un mediador en el discurso del docente, destinado a promover la construcción de los conocimientos en el alumno, la presente investigación también incluye elementos teóricos de la semiótica social y de elementos teóricos y metodológicos que analizan el problema de la comunicación en el aula.

No se han hallado publicaciones dentro de la didáctica de la química, en las que, desde el marco teórico propuesto, se evalúe la comprensión lectora a través de la propia reflexión del alumno.

No se encontraron tampoco, ni una categorización de las dificultades lectocomprensivas específicas de los enunciados de química, ni la presentación de indicadores asociados a las representaciones mentales del

M.E.P., que sean sensibles a los obstáculos de lectocomprensión de este tipo de enunciados.

La presente investigación constituye, por lo tanto, un aporte dentro del área de la didáctica de la química porque las dificultades de lectocomprensión de los alumnos son un problema frecuente, tanto para la investigación cuanto para la docencia.

El conocimiento derivado de esta tesis posibilitaría la implementación fundamentada de estrategias de enseñanza que incluyan la lectocomprensión como un contenido a desarrollar en clases, así como también el proponer recursos para mejorar la confección de los enunciados proporcionados a los alumnos de manera que no presenten dificultades innecesarias que entorpezcan la lectocomprensión

3. METODOLOGÍA

En este trabajo se pretende conocer cuáles son y qué tipo de dificultades tienen los alumnos de Química Aplicada para comprender los enunciados de los problemas de estequiometría y qué estrategias utilizan para mejorar la comprensión en la lectura de los mismos..

La lectura y comprensión de un texto, como cualquier acción humana, constituye un fenómeno completamente idiosincrásico influenciado por una realidad que es múltiple, intangible y global. Existen, por tanto, numerosos factores que afectan a esta habilidad, tales como el contexto social, familiar y económico en el que se maneja la persona, sus motivaciones internas, su historia personal, entre otros

Atendiendo a la naturaleza del problema de investigación y al fenómeno en estudio se utilizó en esta tesis un enfoque cualitativo que proporciona una perspectiva interpretativa, centrada en la comprensión del significado de las acciones de las persona, en este caso la lectocomprensión (Hernández, Fernández-Collado y Baptista, 2005).

De manera coherente con este enfoque se planteó, en primera instancia, una hipótesis de trabajo que fue reajustándose durante el desarrollo. Las categorías de análisis derivadas del marco teórico, así como los indicadores elaborados para ellas, sirvieron como hipótesis de trabajo inicial. Luego, de los datos obtenidos, surgió una nueva categoría de análisis así como también indicadores nuevos, debiendo reformularse nuevamente la hipótesis inicial.

La recolección de datos se realizó aplicando los instrumentos de manera flexible y estuvo influenciada por la experiencia de los sujetos de investigación, quienes debían expresar opiniones e ideas acerca de su propia comprensión lectora.

El investigador observa el fenómeno desde una posición externa al mismo. No obstante, no se deja de reconocer la posible influencia que pueda tener sobre el estudio, su conocimiento del contexto, ya que se desempeña como docente en la cátedra en donde se lleva a cabo la investigación.

Con estos resultados no se pretende hacer generalizaciones probabilísticas ni efectuar replicaciones de los estudios realizados Los datos obtenidos sirvieron

más bien para describir al fenómeno en estudio analizándolo dentro del contexto de la enseñanza de la química.

3.1. Hipótesis

1. Los alumnos tienen dificultades para comprender los enunciados de problemas de estequiometría por cuestiones relacionadas con[7]:
   - La sintaxis, la estructura y el formato en que se presenta el enunciado.
   - El contenido subyacente al enunciado.
   - La representación mental de los procesos de resolución necesarios para resolver el enunciado.
2. Cuando encuentran dificultades los alumnos emplean estrategias para mejorar la comprensión del texto.

3.2. Objetivos de la investigación.

La presente investigación tiene objetivos teóricos, metodológicos y prácticos.

Objetivos teóricos:

- Identificar dificultades de lectocomprensión de enunciados de problemas de lápiz y papel de Estequiometría en los alumnos de las carreras de Ingeniería y de Técnico constructor.
- Identificar aquellas dificultades que, mediante la reflexión metacognitiva, son informadas con mayor frecuencia por los alumnos como obstáculos de lectocomprensión e indagar sobre sus orígenes a la luz del modelo teórico de lectocomprensión propuesto.

[7] Tal como se expondrá más adelante cada uno de estos puntos son factores que afectan a la comprensión lectora y han sido derivados del M.E.P. Ellos están relacionados en distinta medida con las representaciones mentales que propone este modelo de lectocomprensión; es decir, el texto base, la macroestructura, el modelo situacional y el modelo del problema.

- Indagar las posibles relaciones entre diferentes tipos de enunciados y las dificultades de lectocomprensión informadas por los alumnos.

Objetivos metodológicos:

- Partiendo del M.E.P., establecer categorías de análisis que permitan clasificar e identificar las dificultades de comprensión lectora que tienen estos estudiantes.
- Establecer indicadores para cada categoría de análisis que permitan detectar las dificultades de comprensión de los problemas de lápiz y papel sobre el tema de estequiometría de los alumnos de Química Aplicada de las Carreras de Ingeniería y de Técnico Constructor.
- Emplear estrategias metacognitivas para sacar a la luz las dificultades de los alumnos de la lectocomprensión.

Objetivos prácticos:

- Proponer estrategias didácticas para que el alumno mejore su comprensión lectora de este tipo de textos.
- Proponer recomendaciones para mejorar la construcción de los enunciados de los problemas de lápiz y papel que se les proporcionarán a los alumnos de Química Aplicada de las Carreras de Ingeniería y de Técnico Constructor.

3.3. Características de la investigación.

3.2.1. Ámbito en donde se llevó a cabo la investigación. Estructura de la asignatura.

La investigación se realizó en la Cátedra de Química Aplicada para Ingeniería perteneciente a la Facultad de Ciencias Exactas Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba. Dicha asignatura pertenece a la currícula del primer año de todas las Carreras de Ingeniería y a la de Técnico Constructor, con un régimen de cursado cuatrimestral. La materia es dictada en ambos cuatrimestres del año lectivo, siendo cursada en cada uno de ellos por alumnos de diferentes carreras. Los estudiantes se dividen en comisiones de 35 personas, cada una de las cuales se halla a cargo de un profesor Ayudante o un profesor Asistente (un Jefe de Trabajos Prácticos o un Auxiliar Docente de 1º). Las clases se dividen en Teóricos y Seminarios/Laboratorio. Los Teóricos tienen una hora y media de duración, se dictan una vez a la semana, la asistencia a los mismos no es obligatoria y están destinados a los alumnos de todas las comisiones sin distinción. Los Seminarios/Laboratorios son clases semanales, obligatorias, de tres horas de duración en las cuales los alumnos se hallan divididos por comisión, teniendo cada una un horario específico.
Se trabaja con un tema por semana de acuerdo a un cronograma preestablecido. En la clase teórica se introduce el nuevo tema para los alumnos que asistan a ella y, la semana siguiente, ese tema es trabajado por cada comisión en el Seminario/Laboratorio. De esta forma las clases teóricas y los seminarios se hallan desfasadas en una semana para que los alumnos puedan tomar contacto con el tema y luego trabajarlo de manera práctica.

3.3.2. Los sujetos de la investigación.

El estudio se llevó a cabo con 318 alumnos y alumnas de Ingeniería que cursaban Química Aplicada en el primer cuatrimestre del año 2009, distribuidos en 12 comisiones de clase.

En la población relevada predominan los varones (83,8%). Las edades de los alumnos oscilan entre los 17 y los 24 años, franja en la que se encuentra al 94 % de los individuos. Existen personas de edades superiores, que representan el 6% restante.

El 54,6 % de los alumnos cursa por primera vez la materia y el resto son recursantes. No se discriminó el número de veces que los alumnos recursaron la asignatura. Tampoco se investigaron los motivos por los cuales estos alumnos estaban cursando nuevamente la materia.

3.3.3. El objeto de investigación.

En este trabajo se analizaron las actividades de la Guía de Seminarios (Versión 2008) que utilizan los alumnos durante las clases de resolución de problemas. Esta guía se halla dividida en diez secciones, cada una de las cuales corresponde a un tema. El gran número de actividades propuestas en este cuadernillo (aproximadamente unos veinticinco enunciados por tema) hizo necesario un recorte, por lo que se analizaron solamente enunciados de la sección de Estequiometría. Para esta elección se consideraron los comentarios de los docentes en cuanto a las dificultades de los alumnos para comprender los enunciados de este tema. Por otra parte, constituye un eje nuclear en el estudio cuantitativo de la química; la comprensión del mismo es imprescindible para poder avanzar en el estudio de otros temas abordados en la asignatura (Flor Reyes y Garritz, 2006; Atkins, 2005). Además presenta una serie de obstáculos intrínsecos para su enseñanza-aprendizaje profusamente citados en la bibliografía (Padilla *et al.*, 2005; Rogado, 2004, Furió et al, 2002; Furió y Furió, 2000; Santa Ana *et al.*, 2000; Llorens, 1991). Por todo esto se lo consideró un tema interesante para abordar desde esta investigación.

A los fines de la misma, las actividades seleccionadas de la Guía de Seminarios fueron consideradas como problemas. Si bien no fue posible indagar en cada uno de los sujetos participantes cómo fue su interacción con la actividad, la revisión de los resultados del estudio preliminar y del cuestionario mostraron que la mayoría de los alumnos manifestaban tener dificultades a la hora de enfrentarse a las actividades propuestas. Sin ahondar demasiado en tales

dificultades, es razonable suponer que dichos alumnos no sabían de qué manera acometer la resolución de estas actividades, por lo que pueden ser consideradas problemas para este grupo de alumnos.

3.3.4. La reflexión metacognitiva como proceso para la investigación de la lectocomprensión.

En coherencia con el marco teórico, la estrategia metodológica para registrar el pensamiento del alumno apela a la reflexión metacognitiva porque ambos instrumento de recolección de datos utilizados requieren necesariamente de esta operación mental de los sujetos para poder ser resueltos.
En el caso del cuestionario, el alumno debe reflexionar acerca de lo que ha leído e identificar y hacer consciente cuál de los puntos mencionados le causa dificultades en su comprensión. Es decir, debe realizar la experiencia metacognitiva. En la entrevista el alumno va narrando en voz alta lo que piensa a medida que lee, debiendo para ello ser consciente del proceso de lectura que está llevando a cabo. En esos momentos, además, realiza el control metacognitivo sobre el mismo.

3.3.5. Los instrumentos de recolección de datos.

Para asegurar la credibilidad de la investigación, se aplicó un diseño mixto que combina un instrumento de corte cuantitativo con otro propio del enfoque cualitativo. Esta combinación de métodos, también llamada triangulación, permite la confrontación de los datos obtenidos proporcionando una mayor credibilidad y validez a la investigación (Hernández, Fernández-Collado y Baptista, 2005). Según Denzin *(1977 en* Peme 2006, p. 184) *"existen cuatro fuentes accesibles al investigador que le permiten comparar y confrontar: a) la triangulación de datos, que implica su recolección en distintos tiempos, espacios y de diferentes personas; b) la triangulación de investigadores, que consiste en utilizar distintas personas que recojan, ordenen o interpreten los datos; c) la triangulación de métodos, que implica el uso de unidades*

observacionales con dimensiones múltiples o el empleo de distintas estrategias de recolección para las mismas cuestiones referentes a ellos; d) la triangulación de teorías, utilizando perspectivas múltiples para la misma serie de datos".

De acuerdo a este enfoque, se realizó una triangulación de datos confrontando datos obtenidos a partir de un cuestionario, con datos obtenidos en sesiones de razonamiento en voz alta con los alumnos. La investigación se dividió entonces en dos instancias:

En una primera etapa se utilizó, como ya se mencionó, un cuestionario de preguntas cerradas (Ver cuestionario en páginas 49 y 50) con el objeto de recabar información de todos los sujetos que participaron del estudio. Como se utilizó a la totalidad de la población de alumnos, era menester un instrumento que permitiera la recolección de una gran cantidad de datos en un tiempo relativamente corto y que luego estos datos pudieran ser fácilmente sistematizados para recoger y contrastar las respuestas de los estudiantes acerca de su propia comprensión de los enunciados presentados.

Luego, en una etapa posterior, se llevaron a cabo entrevistas de razonamiento en voz alta con algunos alumnos quienes reflexionaron más profundamente sobre sus dificultades de lectocomprensión de los mismos enunciados.

La contrastación de los datos provenientes de ambos instrumentos sumado al análisis de los transcriptos de las sesiones de razonamiento en voz alta realizado por un experto, dieron un mayor grado de validez a los resultados de este trabajo.

3.4. Etapas de la investigación.

3.4.1. Etapa Exploratoria.

Antes de comenzar formalmente con la investigación, en un período de clases anterior a la recolección de datos, se realizó un primer acercamiento al campo mediante indagaciones exploratorias efectuadas durante las clases de Química Aplicada. En esta instancia, se les solicitó informalmente a algunos alumnos

que indicaran al docente, cuáles eran aquellos enunciados que les generaban problemas para la comprensión. La información obtenida en este sondeo se utilizó para terminar de definir la unidad de la Guía con la que se iba a trabajar, así como también para redefinir las categorías teóricas extraídas de la bibliografía consultada y determinar los indicadores a utilizar en el cuestionario que se presenta en la página 59.

3.4.2. Definición de categorías teóricas e indicadores.

A partir del marco teórico se establecieron categorías de análisis, con las que se delimitaron indicadores específicos que reflejarían las diferentes dificultades que detectan los alumnos en la lectocomprensión de un enunciado de estequiometría. Cada uno de esos indicadores está asociado, aunque no de manera excluyente, con alguno de los niveles representacionales propuestos por el modelo Estratégico Proposicional, en el cual se basa esta investigación (Téllez, 2005).

<u>Categorías de análisis.</u>

- *La estructura del texto:* Dentro de esta categoría incluimos todos aquellos factores relacionados con el tipo, el formato, la longitud, el ordenamiento, la sintaxis y la coherencia lineal del texto. De acuerdo a la bibliografía relevada, la estructura del texto influiría sobre la comprensión, sobre todo en la construcción del texto base y de la macroestructura (Téllez, 2005).
- *Contenido del texto:* En esta categoría se agruparon aquellos indicadores asociados a los contenidos del texto; es decir, a los significados subyacentes al mismo, aunque también se tuvieron en cuenta aquí los conocimientos que posee el lector en su mente, relevantes en relación al mensaje del texto y que son los que le permitirán realizar las inferencias necesarias para construir la macroestructura y el modelo situacional (Campanario y Otero, 2000).

- *Los procesos de resolución:* Esta categoría agrupa indicadores asociados con las relaciones entre los conceptos y con los procedimientos que el lector

debe lograr para obtener una adecuada representación de la situación que le plantea el enunciado. Rumelhart (1980, en García Madruga, 1998, p 201) señala que *"...comprender un problema y resolverlo es casi la misma cosa...."* Un lector que comprende acabadamente una problema de cálculo debe construir el modelo del problema, representación que integra el modelo situacional con las relaciones conceptuales formalizadas como operaciones matemáticas (Nathan y Kintsch, 1989).

Dentro de cada una de estas categorías existen diversos indicadores que permitieron evaluar su influencia en el proceso observado. La relación entre categorías, indicadores y la representación mental que se vería afectada en cada caso se muestra en la tabla 3.1.

CATEGORÍAS	Indicadores	Representación mental afectada
La estructura del texto	Longitud del escrito	Texto base
	Ordenamiento. Secuencia.	Texto base
	Distractores	Texto base y macroestructura
	Acompañado con representaciones gráficas	Macroestructura y modelo situacional
El contenido del texto	Lenguaje científico. Uso de términos específicos.	Texto base.
	Lenguaje Cotidiano. Polisemia.	Texto base, macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Formulación química.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Conocimientos previos incompleto o fragmentados.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
	Ausencia de conocimientos previos sobre el tema.	Macroestructura, modelo situacional y modelo del problema
Los procesos de resolución	Escritura de ecuaciones químicas.	Modelo del problema
	Herramientas matemáticas: Relaciones de proporcionalidad.	Texto base y modelo del problema
	Uso de unidades	Texto base

Tabla 3.1: Relación entre categorías de investigación, sus indicadores y las representaciones mentales que se ven afectadas en cada caso.

Indicadores utilizados en cada categoría.

- *Referidos a la estructura del texto:*

  - Longitud del texto: Se refiere a la extensión del texto del enunciado. Suponemos que un enunciado más largo presentará más dificultades para la comprensión, de acuerdo a lo expuesto por Sánchez Giménez (1995).

  - El ordenamiento del texto: Constituye el ordenamiento sintáctico del texto y estaría relacionado con la coherencia lineal del mismo. Diferentes arreglos sintácticos correctos del mismo texto influyen en la comprensión según algunos autores como Buteler y Gangoso (2001) y Sanjosé, Solaz-Portolés y Vidal-Abarca (1993)

  - La presencia de distractores: Se relaciona con el uso en el enunciado de datos innecesarios para la resolución de la actividad. Kempa (1986) señala la influencia que tiene sobre la comprensión del alumno el número de datos utilizados en un enunciado.

  - La ausencia de gráficos o diagramas que acompañen al texto: Téllez (2005) menciona que la presencia de figuras o diagramas puede mejorar la comprensión lectora ya que contribuiría a activar esquemas relevantes de conocimientos previos y además en la construcción de las representaciones mentales más profundas del significado del texto, de la macroestructura y del modelo situacional. Buteler y Gangoso (2001) señalan que, cuando el enunciado es puramente verbal, los estudiantes de física eligen construir representaciones gráficas como un auxiliar de la memoria operativa.

- *Referidos al contenido del texto:*

  - Lenguaje científico. Uso de términos específicos: Este indicador se relaciona con el uso de palabras propias del vocabulario químico. De

acuerdo al marco teórico las dificultades en el acceso al léxico originan problemas para construir las primeras representaciones superficiales del texto.

- Lenguaje Cotidiano. Polisemia: Este indicador refiere a aquellas palabras de uso cotidiano que pueden adquirir un significado diferente en el marco conceptual del enunciado y, por ello, obstaculizan la comprensión del mensaje del texto. Ejemplos serían la expresión "cal apagada", o la palabra "soda" que dentro de la química significan Hidróxido de calcio y "compuesto con sodio", respectivamente, pero que en el contexto cotidiano se relacionan con otros referentes. Este tipo de dificultad es descripta por Llorens (1991).

- Formulación química: Si bien este indicador está vinculado al vocabulario técnico específico, se lo considera aparte por la gran relevancia que tiene la simbología propia de la química en esta disciplina. Además, tal como se expuso en el marco teórico, este código cuenta con sus propias reglas de escritura, lo cual plantea aún más dificultades que el simple desconocimiento de una palabra.

- Conocimientos previos incompletos o fragmentarios: Se refiere a los conocimientos que los alumnos poseen sobre el tema pero que no pueden ser recordados y, por tanto, tampoco pueden ser utilizados adecuadamente para comprender los enunciados. Los alumnos poseen algún esquema pertinente al tema pero no son capaces de activarlo. Otero (1990) hace referencia a las dificultades ocasionadas en la comprensión debidas a esta incapacidad para activar esquemas relevantes de conocimientos previos.

- Ausencia de conocimientos previos sobre el tema: Este indicador, a diferencia del anterior, representa la ausencia total de conocimientos sobre estequiometría; esto es, a que el alumno no es capaz de activar ningún esquema pertinente sobre el tema. Esto incidiría en la construcción de la macroestructura del enunciado y del modelo situacional.

- *Indicadores relacionados con los procesos de resolución:*

  - Desconoce cómo plantear ecuaciones químicas: El planteo de ecuaciones químicas se relaciona íntimamente con la escritura de fórmulas, no obstante se lo ha considerado dentro de los procesos de resolución porque, en cualquier problema de estequiometría, la primera representación que ha de construirse es precisamente la simbolización del cambio químico sobre el que se pretende calcular.
    Cómo ha sido expuesto, la escritura de ecuaciones químicas requiere además del correcto manejo de la formulación y de la nomenclatura química, no sólo el conocimiento sino el correcto uso de las reglas y de las convenciones propias de dicho código.

  - Desconoce herramientas matemáticas: Este ítem indica que el alumno no posee conocimientos sobre las herramientas matemáticas que debería emplear para la resolución; es decir, es incapaz de activar un esquema mental para estos procesos.

  - Conoce herramientas matemáticas pero no sabe cómo aplicarlas: con este indicador se señalan aquellas herramientas conocidas por el alumno, pero que no logran ser encajadas dentro de la representación mental del mensaje del texto.

  - Dificultades con el uso de unidades: como su nombre lo indica este ítem se relaciona con los obstáculos para la comprensión que generan algunas unidades de medición. Estos obstáculos no sólo se referirían al desconocimiento de las unidades, sino también a la imposibilidad de utilizar por ejemplo múltiplos y submúltiplos o a la confusión que generan algunas cantidades muy grandes que son medidas en unidades especiales como la tonelada. La unidad específica para medir cantidades químicas, el mol, genera sus propias dificultades de comprensión, las cuales ya han sido explicadas en el marco teórico.

3.4.3. Elaboración y administración del cuestionario

Las categorías e indicadores presentados en la sección anterior fueron utilizados para la confección de un cuestionario con preguntas de respuesta cerrada y una pregunta de respuesta libre (ver anexo 7.2). Previo a la administración del cuestionario a los sujetos de la investigación se realizó una prueba piloto del instrumento con otros alumnos de las mismas edades que la población a investigar, provenientes de otros ámbitos educativos y con un nivel similar de conocimientos de química. Esto sirvió para corroborar que el instrumento fuera comprendido correctamente por los alumnos y para ajustar el número de problemas que se utilizaría luego en la investigación.

Este instrumento fue administrado a todos los alumnos que en ese momento se hallaban cursando la materia (n=318). La relación entre las categorías de investigación, los indicadores y las preguntas del cuestionario se exponen en la tabla 3.2.

La toma de datos se realizó en la fecha correspondiente al dictado del seminario de Estequiometría, durante los horarios de clase normales de cada comisión de alumnos.

El cuestionario se administró antes del inicio de las actividades previstas para la clase y fue realizado en aproximadamente 20 minutos, de modo que la actividad no interfiriera demasiado con el desarrollo normal de las clases. Para lograr el ajuste en el tiempo de resolución del cuestionario se limitó a 11 el número de enunciados a analizar. La cantidad de problemas se decidió luego de la prueba previa en la cual se verificó que en 20 minutos los sujetos podían resolver el cuestionario para 11 enunciados. Se seleccionó entonces esta cantidad de enunciados de la Guía de Estequiometría a partir de la información recabada en la etapa exploratoria y en las categorías teóricas de análisis.

Para resolverlo el alumno debía leer atentamente la serie de enunciados seleccionados para la investigación y luego responder marcando aquellos indicadores que, en su opinión, le producían dificultades para comprender el texto de cada uno de los enunciados.

CATEGORÍAS	Indicadores	Reactivos propuestos al alumno
La estructura del texto	Longitud del escrito	El enunciado es **demasiado largo**
	Ordenamiento. Secuencia.	El texto parece **desorganizado**
	Distractores	Tiene **datos irrelevantes (que no sirven)**
	Acompañado con representaciones gráficas	Se presenta **sin diagramas o dibujos** que ayuden a entender la situación.
El contenido del texto	Lenguaje científico. Uso de términos específicos.	Se utilizan **términos técnicos** cuyo significado desconoce
	Lenguaje Cotidiano. Polisemia.	Hay **términos conocidos** pero que adquieren **significados confusos** en el enunciado.
	Formulación química.	No conoce las **fórmulas químicas/ nombres de compuestos** involucrados
	Conocimientos previos incompletos o fragmentados.	**Los estudió en la secundaria y no los recuerda**, por lo tanto le cuesta comprenderlos ahora
	Ausencia de conocimientos previos sobre el tema.	**No los estudió en la secundaria** y le cuesta comprenderlos ahora
Los procesos de resolución	Escritura de ecuaciones químicas.	No sabe cómo plantear/balancear las **ecuaciones químicas**
	Herramientas matemáticas: Relaciones de proporcionalidad.	No conoce las **herramientas matemáticas** que debe usar
		Conoce las **herramientas matemáticas** pero tiene dificultades para plantear la resolución
	Uso de unidades	Tiene dificultades para interpretar las **unidades de medición** utilizadas en el enunciado.

Tabla 3.2: Relación entre categorías de investigación, sus indicadores y los reactivos presentados a los alumnos en el cuestionario

4.3.4. Análisis de los datos del cuestionario.

Los datos obtenidos en el cuestionario se organizaron en tablas para los posteriores análisis estadísticos. Se calcularon frecuencias absolutas y porcentuales y con ellas se confeccionaron gráficos de distribución.

3.4.5. Estudio en profundidad.

Los resultados obtenidos del análisis de los cuestionarios fueron completados con una serie de sesiones de razonamiento en voz alta, con el fin de profundizar la interpretación de los resultados obtenidos. Varios autores (Buteler y Gangoso, 2001, de Brito Neves 2006) emplearon con buenos resultados esta metodología en investigaciones acerca de la comprensión lectora. Durante estas sesiones el sujeto relata sus percepciones acerca de la propia comprensión. Ello implica que debe realizar una serie de procesos cognitivos y metacognitivos que le permitan hacer consciente el proceso.

Se seleccionaron 9 alumnos de ambos sexos, que conformaban una muestra intencional y heterogénea en cuanto al rendimiento académico, edad y condición académica en relación a la cátedra (recursante o cursante por primera vez).

Estas sesiones fueron llevadas a cabo alrededor de 3 a 4 semanas luego de la administración del cuestionario, por lo que los alumnos que participaron en esta etapa asistieron, en ese lapso, al menos a 4 clases de la materia. Las entrevistas se realizaron por separado con cada sujeto, teniendo una duración aproximada de 10 minutos. Cada sesión fue grabada con un grabador digital contando con el consentimiento del alumno entrevistado.

En cada sesión se le proporcionó al entrevistado 1 enunciado extraído de los 11 que se utilizaron en el cuestionario y se le indicó que expresara sus pensamientos en voz alta a medida que iba leyendo el texto.

A fin de respetar los protocolos de razonamiento en voz alta, en los que se pretende que el sujeto exprese sus ideas sin ser influenciado de manera externa,

el entrevistador sólo participó en el diálogo para imprimir dirección o para aclarar alguna indicación. Al final de cada sesión el entrevistador realizó algunas preguntas puntuales en un proceso de evocación, tal como lo recomiendan Ericsson y Simon (1987), como una manera de complementar la información aportada por el entrevistado.

De los registros obtenidos se obtuvo información acerca del proceso de comprensión lectora, a medida que éste ocurría. Así se obtuvo información sobre las propias reflexiones del lector acerca de sus dificultades de comprensión y también de aquellas detectadas por el investigador aún cuando el sujeto no las hizo conscientes. Por otra parte se pudieron identificar las acciones que los lectores efectuaban durante la lectura y comprensión del texto.

Los registros obtenidos mediante un grabador digital fueron transcriptos y analizados cualitativamente con una serie de indicadores derivados de las categorías de análisis iniciales y otros que surgieron directamente de las entrevista. Toda esta información permitió completar y enriquecer la información extraída de los cuestionarios.

3.4.6. Análisis de los datos obtenidos en el estudio en profundidad. Categorías de análisis.

El estudio en profundidad exigió la revisión de las categorías de análisis e indicadores a la luz de los datos surgidos de las sesiones grabadas con los alumnos.

Los datos tomados en las entrevistas se utilizaron para realizar dos niveles de análisis. Uno en el que se consideraron las dificultades que el alumno era capaz de detectar y expresar; es decir, hacer consciente. También se consideraron aquellas que el entrevistador detectó desde las expresiones del alumno mientras leía aunque no fueran reconocidas explícitamente por éste.

Otro nivel de análisis correspondió a las acciones o estrategias utilizadas por los alumnos para mejorar su comprensión del texto.

Un primer análisis de las dificultades que tuvieron los estudiantes al leer se realizó utilizando las categorías de análisis e indicadores ya aplicados en el

estudio de los cuestionarios (Ver tabla 3.1). Sólo se eliminó el indicador referido a la falta total de conocimientos previos. Como los alumnos fueron entrevistados 2 semanas después de la toma del cuestionario, tuvieron la posibilidad de adquirir conocimientos acerca de estequiometría y, por lo tanto, ninguno expresó desconocer completamente el tema.

Las evidencias agrupadas como acciones o estrategias aplicadas por el alumno constituyen en sí mismas una categoría de análisis diferente, surgida del estudio en profundidad, por lo que exigió el planteo de indicadores propios. En esta categoría se consideran las acciones realizadas por el alumno durante la lectura y que muestran su grado de comprensión del texto, así como aquellas tendientes a mejorar la comprensión. Los indicadores asociados a esta categoría son:

A- Lectura interrumpida: El alumno interrumpe la lectura perdiendo el hilo conductor del texto. En este caso el lector encuentra dificultades en algunas de las etapas de procesamiento superficial, bien porque no conoce algún término (Acceso al léxico), bien porque no encuentra coherencia en el texto (Construcción de microproposiciones) y, por ende, no puede construir el texto base. Puede ser que el lector sea consciente de su falta de comprensión, pero no haga nada por subsanarla y directamente desista de continuar con la lectura.

B- Relectura: El alumno relee de manera manifiesta algún pasaje del texto. Esta acción muestra que el lector ha percibido su dificultad de comprensión y realiza una acción tendiente a corregir la situación. Para que esta estrategia sea puesta en práctica debe existir un adecuado control metacognitivo del proceso de lectocomprensión (Téllez, 2005).

C- Paráfrasis: El alumno expresa las ideas del enunciado con sus propias palabras. Esta acción denota que el lector logró extraer el significado del texto y pudo construir un modelo situacional del fragmento leído para luego expresar este significado mediante frases diferentes a las usadas en

el enunciado. El uso de la paráfrasis le permite al lector estructurar y poner en términos familiares la idea del texto y, por ende, comprenderlo mejor.

D- Expresa relaciones conceptuales y procedimentales en un plan de resolución: El alumno explicita relaciones entre los conceptos y procedimientos implícitos en el texto. En los enunciados que incluyen cálculos numéricos estas relaciones sólo son evidentes si el alumno puede construir una representación mental llamada modelo del problema, que es el modelo situacional acompañado de estas relaciones formales. (Nathan y Kintsch, 1992; García Madruga, 1998). El plan expresado puede ser correcto o incorrecto.

Algunos de estos indicadores coinciden con las estrategias utilizadas por los lectores, relevadas por Bereiter y Bird (1985) mediante protocolos de razonamiento en voz alta, tales como “El parafraseo”, “La expresión de relaciones conceptuales y procedimentales” y “La relectura.” Estos autores investigan además en la posibilidad de enseñar de manera intencional estas estrategias de lectocomprensión.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Resultados del análisis del cuestionario.

4.1.1. Análisis general.

En primer lugar se realizó el cálculo de frecuencias porcentuales utilizando todas las dificultades reportadas por toda la población de alumnos relevada (n=318).
Los resultados del análisis se resumen en el gráfico 4.1.1 de distribución de frecuencias.
A fin de facilitar la lectura de los gráficos de distribución se explicitan las referencias correspondientes en la tabla 4.1.
A continuación se discuten estos resultados por categoría.

<u>Dificultades basadas en la estructura del texto.</u>

La estructura del texto refiere a la extensión, al ordenamiento, a la sintaxis y a la coherencia local del texto. Por lo tanto las dificultades originadas en estas características resultarían un obstáculo en la construcción del texto base; es decir, en la construcción del significado literal del texto y, por ende, también dificultaría la construcción de la macroestructura.
Dentro de esta categoría el indicador más señalado por los alumnos como fuente de dificultad fue la longitud del texto, observándose una frecuencia de 181, contra una frecuencia total de 132 acumulada entre los demás indicadores de la categoría. Es decir, más de la mitad de las dificultades señaladas relacionadas a la estructura textual correspondían a la longitud del enunciado como obstáculo. Pareciera que el solo hecho de observar un enunciado demasiado extenso desanima al lector a intentar siquiera comprenderlo, menos aún a resolverlo. Al respecto podemos citar un sugestivo comentario escrito por

un alumno en la respuesta abierta del cuestionario, refiriéndose a uno de los enunciados que era particularmente extenso: “Ni si quiera me molestaría en leer ni resolver este problema”.

CATEGORÍAS	**Indicadores**	**Número indicado en el gráfico**
La estructura del texto	Longitud del escrito	1
	Ordenamiento. Secuencia.	2
	Distractores	3
	Acompañado con representaciones gráficas	4
El contenido del texto	Lenguaje científico. Uso de términos específicos.	5
	Lenguaje Cotidiano. Polisemia.	6
	Formulación química.	7
	Conocimientos previos incompletos o fragmentados.	8
	Ausencia de conocimientos previos sobre el tema.	9
Los procesos de resolución	Escritura de ecuaciones químicas.	10
	Herramientas matemáticas.	11
		12
	Uso de unidades	13

Tabla 4.1: Relación entre categorías de análisis, indicadores y referencias en los gráficos

Dificultades asociadas al contenido del texto.

Esta categoría acumula el 54,5% de las dificultades señaladas por los alumnos. Las dificultades más frecuentes, dentro de esta categoría, corresponden a la falta de conocimientos o a un conocimiento incompleto respecto al tema. Entre ambos indicadores reúnen el 33% de las dificultades totales. Esto concuerda con lo expuesto por otros investigadores como Solaz-Portolés y Sanjosé (2008), Téllez (2005) o Sánchez Jiménez (1995) quienes señalan la importancia de los conocimientos previos sobre la lectocomprensión. De acuerdo al M.E.P., los procesos descendentes, en los que el lector pone en juego sus propias representaciones mentales relevantes al texto o conocimientos previos, son necesarios para la construcción de un modelo situacional adecuado. De no existir estos saberes, el lector sólo podrá construir el texto base o a lo sumo un modelo situacional incompleto o irrelevante al mensaje del texto (van Dijk, 1994; Johnson-Laird, 2005; Téllez, 2005). Además, los conocimientos previos del lector son necesarios para establecer las relaciones formales entre los datos y la incógnita que le permitirán elaborar el modelo del problema.

Por otra parte, las fórmulas y nomenclatura química, generan en los estudiantes problemas de comprensión específicos, dando cuenta del 8,6% de las dificultades señaladas. Hay alumnos capaces de resolver correctamente problemas de estequiometría, que poseen conocimientos al respecto y que, sin embargo, siguen encontrando dificultades para comprender el significado de las fórmulas químicas y de la nomenclatura de compuestos.

Las dificultades asociadas con el vocabulario específico sólo fueron señaladas en un 7,3% mientras que aquellas referidas a la sinonimia entre el vocabulario cotidiano y el científico sólo acumularon el 4,9% del total de dificultades. Dentro de esta categoría, estos indicadores no parecieron ser percibidos por los estudiantes como un gran obstáculo para su comprensión.

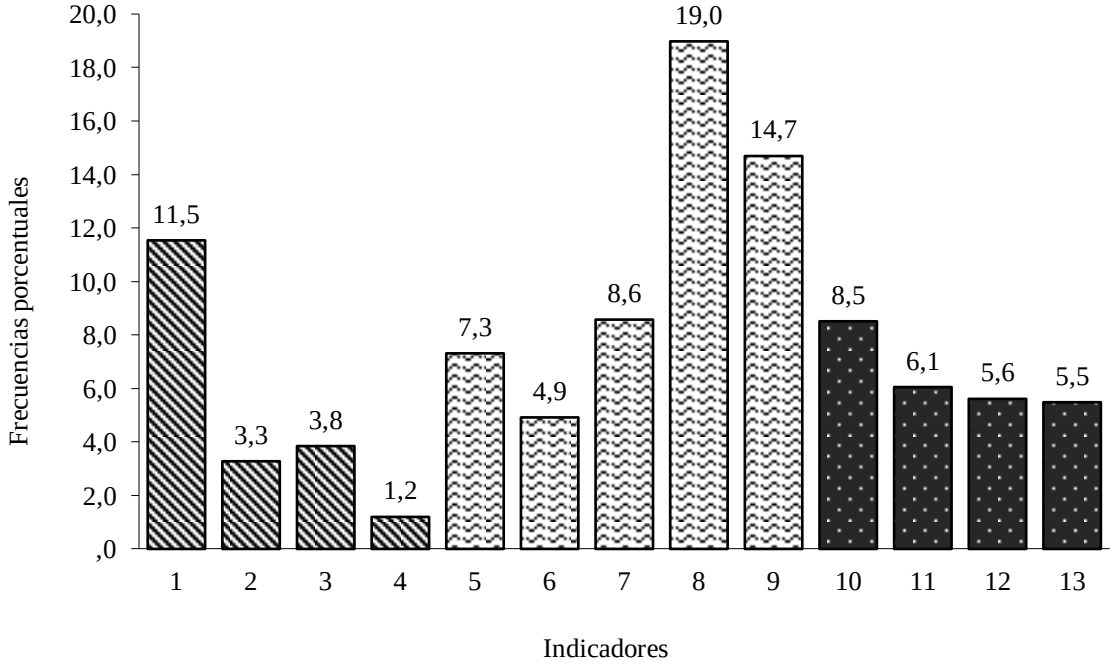

Gráfico 4.1: Frecuencias porcentuales de todas las dificultades comunicadas por los alumnos que respondieron al cuestionario

Dificultades asociadas a los procesos de resolución.

Para muchos docentes las mayores dificultades de los alumnos en la resolución de un problema están en la fase de solución del mismo; es decir, cuando el alumno efectúa la formalización matemática necesaria, y calcula para, eventualmente, hallar una solución.[8]. No obstante, esta fase de solución comienza antes de que el alumno empiece a escribir el planteo del `problema. La formalización matemática del problema se inicia durante la fase de lectocomprensión, recuérdese que el modelo del problema involucra las representaciones de las relaciones matemáticas entre las variables del

[8] Recuérdese que el proceso de "Resolución de Problemas" involucra tanto la fase de comprensión como la fase de solución.

problema. De esta forma, muchas fallas en la fase de solución se originan en fallas de lectocomprensión del enunciado, más que en dificultades asociadas a las operaciones matemáticas utilizadas.

Esta categoría acumuló solamente un 25,7% de las dificultades totales. El mayor porcentaje de dificultades señaladas en esta categoría se relaciona con aquellas referidas al planteo de ecuaciones químicas (8,5%). Este indicador se halla conectado con el manejo de la formulación química, pero va más allá porque escribir una ecuación (o sea, formalizar las relaciones entre los reactivos y productos simbólicamente) implica conocer una serie de conceptos relacionados al cambio químico y a las leyes gravimétricas. Además, para poder resolver un problema de estequiometría es necesario plantear como primer paso una ecuación que describa el proceso o, si el enunciado la incluye, interpretarla. El modelo mental de estos problemas, construido durante la fase de comprensión, debe incluir a la ecuación química. Una falla en la interpretación o en la representación de la ecuación conducirá a errores en la elaboración del modelo de problema y por tanto en la comprensión del mismo.

Un 6,1% de las dificultades corresponde a un desconocimiento total de las herramientas matemáticas que deberían utilizar, mientras que un 5,6% se refiere al desconocimiento de cómo aplicar dichas herramientas a pesar de saber cuáles son (como los alumnos suelen comentar: “Sé que se hace con regla de tres, pero…”).

Los alumnos también señalan encontrar problemas relacionados a la comprensión de las unidades de medición. Esto coincide con los resultados obtenidos por Massa, Llonch, D´Amico, Hadad y Cabanellas (2000) en un estudio realizado en la Provincia de Santa Fe en el ciclo de Enseñanza Polimodal.

Las herramientas de cálculo y las unidades forman parte del modelo del problema que los alumnos deberían construir; es decir, una representación mental del plan de resolución y del planteo del problema. Una cuarta parte de las dificultades que señalaron los alumnos correspondieron a esta categoría, lo cual muestra su relevancia. Sin embargo, nótese que los alumnos no indican dificultades para operar con las herramientas matemáticas, sino para poder

aplicarlas correctamente en la resolución; es decir, plantear las relaciones formales entre variables.

4.1.2. Análisis particular. Factores relacionados con los conocimientos previos del lector

La alta frecuencia de dificultades que indicaron los alumnos, relacionadas con los conocimientos previos, motivó un análisis más profundo sobre este punto y, por lo tanto, se realizó una estratificación de los datos de acuerdo a situaciones curriculares que pudieran tener influencia sobre estos saberes, tales como la lectura previa del tema o haber cursado la materia en años anteriores. Suponemos que la lectura y la asistencia a clases provocan la activación de los conocimientos previos del alumno y, por ello, mejoran los procesos de comprensión de acuerdo a lo expuesto por Téllez (2005).

En este análisis se utilizaron frecuencias relativas ya que el número de alumnos no era el mismo para todos los estratos propuestos. Se discutirán a continuación los resultados obtenidos para el cursado de la materia y para la lectura previa del tema.

<u>El cursado de la materia.</u>

Se analizó en primer lugar la influencia sobre la comprensión que podía tener el haber cursado ya la materia en años anteriores y por tanto haber trabajado con los mismos contenidos en un contexto similar (la misma carrera, la misma materia, la misma cátedra). El análisis de frecuencias se observa en el gráfico 4.2. El mismo análisis para los alumnos que cursaban por primera vez la materia se resume en el gráfico 4.3.

En lo referido a los conocimientos previos, los alumnos recursantes representan con igual frecuencia desconocer el tema y conocerlo pero no poder recordarlo. Los alumnos que cursaban por primera vez la materia mostraron para estos indicadores una frecuencia porcentual casi 4 puntos mayor que para los recursantes. Se puede pensar, por lo tanto, que el contacto previo con la materia

y con el material de estudio parece haber sido efectivo en alguna medida para activar conocimientos previos. Ello supondría según algunos autores (Solaz-Portolés y Sanjosé, 2008; Téllez, 2005; Otero y Campanario, 1990) una mejor comprensión lectora del enunciado.

Sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, los alumnos recursantes detectan, en general, más o casi la misma proporción de dificultades que los cursantes por vez primera. Según estos datos los alumnos que ya han tenido un contacto previo con el tema detectan mayores dificultades en la lectura y comprensión del enunciado que aquellos que se enfrentan por primera vez a los conceptos. Esto que puede parecer paradójico, no obstante ha sido expuesto por algunos investigadores (Graesser *et al.* 2005; Sanford y Sturt, 2002, Jaramillo, Montaña de la Cadena y Rojas, 2006) quienes muestran en sus trabajos cómo los lectores que no poseen suficientes conocimientos previos sobre el tema, no son capaces de detectar las dificultades que encuentran durante la lectura. Según el M. E. P., los conocimientos previos de un lector se organizan en la memoria en forma de esquemas que se activan durante la lectura, contribuyendo en la construcción del significado del texto. Cuando el lector no posee esquemas pertinentes al significado del texto, a veces puede activar esquemas inadecuados, creando una falsa sensación de compresión (Otero, 1990). En estas condiciones el procesamiento del texto ocurre de manera muy superficial y las representaciones mentales que elabora el lector son incorrectas en referencia al mensaje del texto, aunque él no es conciente de ello. Este hecho se relaciona con fallas de los procesos metacognitivos de monitoreo durante la lectura, muy frecuentes en lectores novatos (Ochoa y Aragón, 2005 y Otero, 1990).

El cuestionario respondido por los alumnos llamaba necesariamente a la reflexión metacognitiva, por tanto resulta razonable suponer que quienes habían tenido contacto previo con el tema fueran capaces de detectar más contradicciones y dificultades para comprender los textos

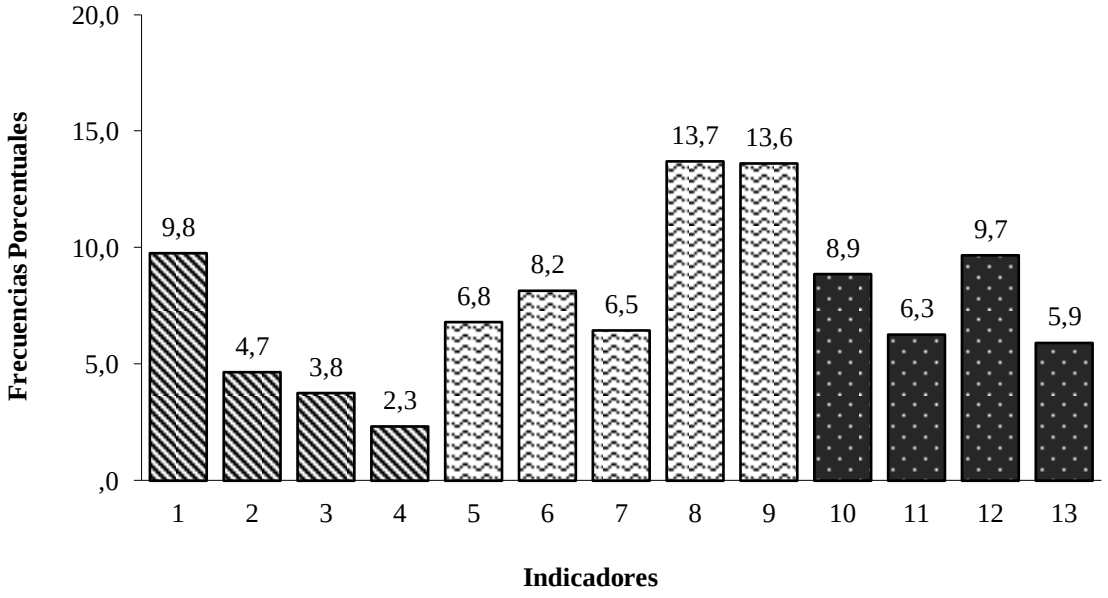

Gráfico 4.2: Frecuencias porcentuales de dificultades señaladas por los alumnos recursantes

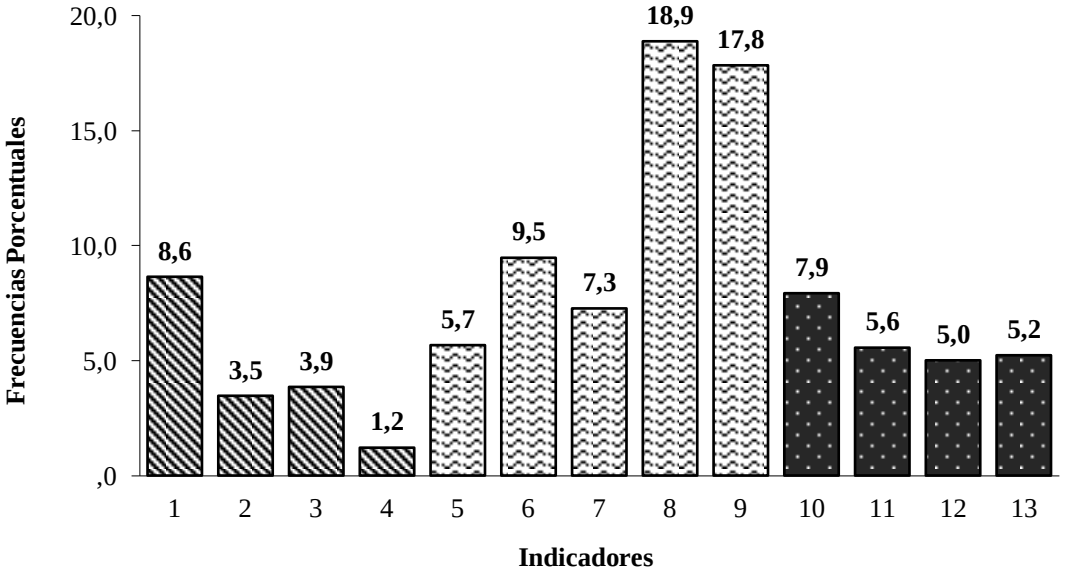

Gráfico 4.3: Frecuencias porcentuales de dificultades señaladas por los alumnos que cursaron por primera vez la materia

La lectura previa del tema.

Otro factor que puede incidir sobre los conocimientos previos de los alumnos es la lectura previa del tema. El análisis de frecuencias de los alumnos recursantes se observa en el gráfico 4.4. El mismo análisis para los alumnos que cursaban por primera vez la materia se resume en el gráfico 4.5.

Entre los alumnos que no habían leído el tema el porcentaje de obstáculos referidos a la ausencia de conocimientos previos (indicador 8) es casi el doble que en los alumnos que si leyeron (9,7% informado por los alumnos que habían leído contra 19,1% informado por los que no lo habían hecho). En cuanto a los conocimientos previos que se conocen y que no pueden recordarse (indicador 9), ambos grupos indicaron aproximadamente igual proporción de dificultades, 15,6 % y 16,4 %, respectivamente.

Se puede observar, sin embargo, que aquí también los alumnos que han tenido un contacto previo con el tema logran detectar más dificultades de comprensión durante su lectura, lo cual se relaciona, tal y como se expuso en el punto anterior, con procesos de monitoreo más eficientes en estos alumnos. Sólo 2 ítems escapan a esta tendencia, que son aquellos relacionados con la ausencia de gráficos y diagramas y con el planteo de ecuaciones químicas. En cuanto al primero de ellos, es decir la ausencia de gráficos y diagramas, ambos grupos de alumnos indicaron tener pocas dificultades ante la ausencia de estas representaciones en los enunciados. Esto es esperable ya que para detectar estas representaciones no se requiere una interpretación, ni una reflexión profunda de la propia comprensión, basta con verlas en el texto. El segundo ítem mencionado referido a las dificultades asociadas a la escritura de ecuaciones químicas plantea una situación diferente al anterior, ya que los alumnos que no habían leído el tema lo señalaron como dificultad en una proporción mayor (casi el doble) que los que sí habían leído. Probablemente, la lectura previa del tema le permitió a ese grupo de alumnos reconocer las fórmulas y la nomenclatura química mejor que a aquellos alumnos que no leyeron el tema previamente.

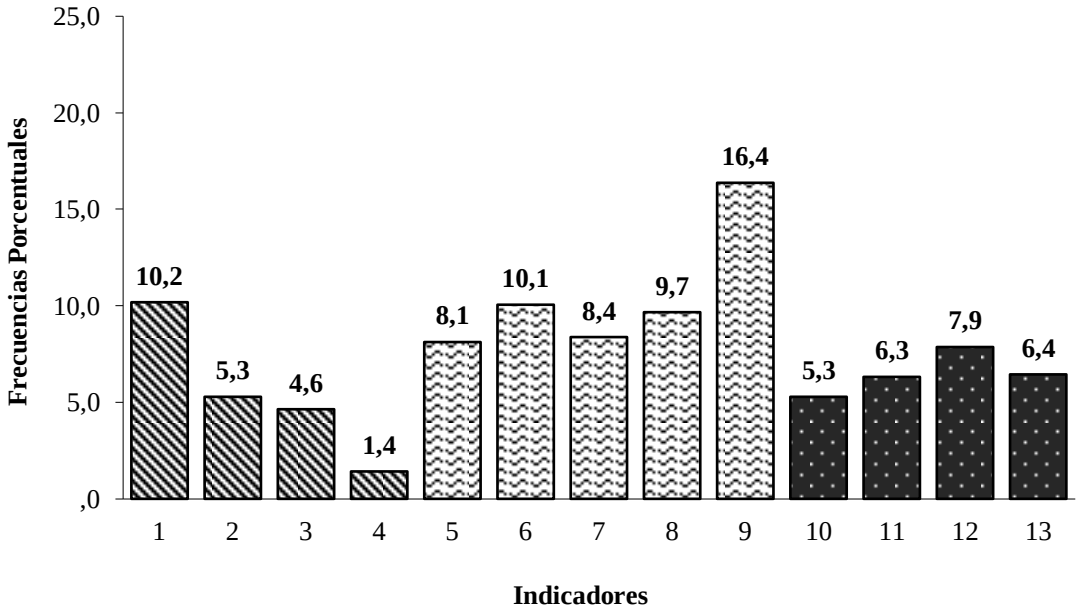

Gráfico 4.4: Frecuencias porcentuales de dificultades señaladas por los alumnos que leyeron el tema previo a la realización del cuestionario

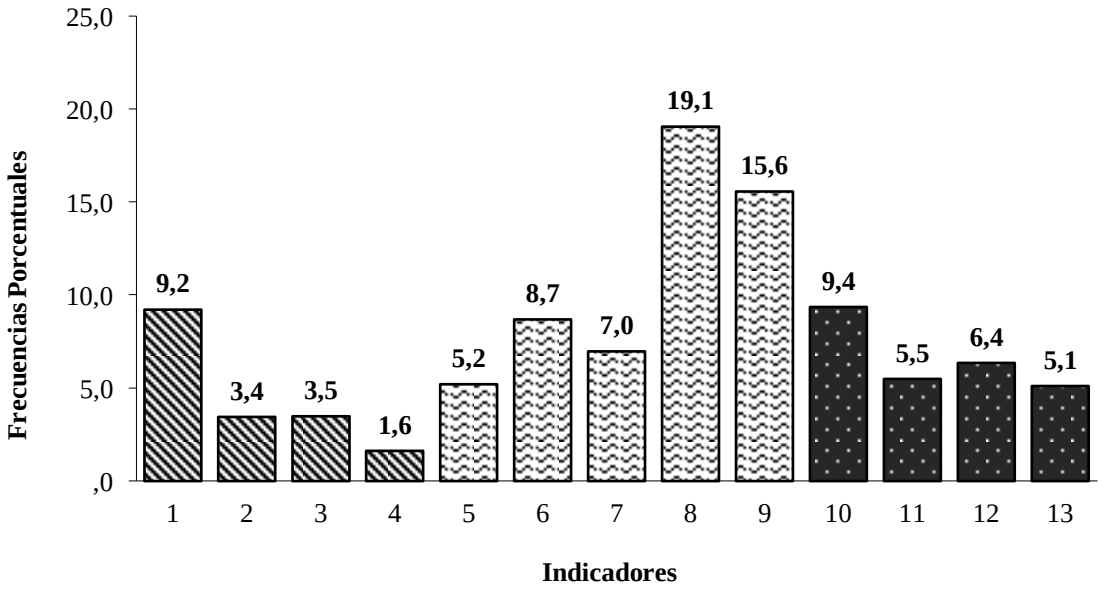

Gráfico 4.5: Frecuencias porcentuales de dificultades señaladas por los alumnos que no leyeron el tema previo a la realización del cuestionario

4.2.2. Análisis para cada enunciado.

Para determinar la influencia del tipo de enunciado sobre la comprensión de los alumnos, se calculó la frecuencia con que fue reportado cada indicador por los alumnos, en cada una de los 11 enunciados propuestos en el cuestionario. Como el número de dificultades informadas en cada enunciado no fue el mismo, se calcularon frecuencias porcentuales para posibilitar la comparación entre enunciados.

Enunciado 1

Aplicando el concepto de mol, masa molar, masa molecular absoluta y masa molecular relativa, complete el siguiente cuadro:

1) Masa de 1 mol de moléculas de H_2O (g)	
2) Masa relativa de 1 molécula de H_2O (uma)	
3) Masa absoluta de 1 molécula de H_2O (g)	

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.6.

En referencia a la categoría "contenido del texto", el 43,4 % de las dificultades informadas por los alumnos se relacionan con la falta o la disfuncionalidad de sus conocimientos previos sobre estequiometría. Un 29,2 % de estudiantes informa que sus obstáculos de lectocomprensión se deben a la ausencia de conocimientos previos y un 14,2 %, a la posesión de conocimientos incompletos sobre el tema. El 10,1 % de los alumnos encuestados manifiestan encontrar dificultades con palabras conocidas pero que, en su opinión, adquieren significados confusos en el contexto del texto.

Los procesos de resolución no son percibidos como obstáculos por la mayoría de los alumnos, tal vez porque la resolución del enunciado no requiere de cálculos. No obstante, un 4,9% de los encuestados manifiesta desconocer qué herramientas matemáticas debe utilizar, un 3,3% dice conocer estas herramientas pero no saber cómo aplicarlas y, finalmente, el 10,4 % detecta

dificultades para comprender las unidades de medición. Es probable que el hecho de que el problema requiere realizar relaciones conceptuales más que cálculos, confunda al estudiante, quien suele tener la idea de que los enunciados de estequiometría se asocian siempre a una operación de regla de tres. Estas dificultades con los problemas conceptuales son abordadas por Bodner y Herron (2002).

Los problemas con las unidades de medición están probablemente relacionados con las dificultades para comprender el vocabulario específico. En este enunciado se utilizan el mol, la u.m.a. y el gramo, como unidades de cantidad de sustancia, masa atómica y masa molar, respectivamente. Estos términos, junto con otros similares como masa molecular, mol, molécula etc., provocan confusión semántica debido a su semejanza fonética. Estas dificultades han sido expuestas por autores como Pozo y Gómez (1998) y Furió *et al.* (2002) quienes lo describen como un problema inherente al aprendizaje de la estequiometría. Por otra parte, los términos "masa relativa" y "masa absoluta" contienen palabras de uso cotidiano que en el ámbito científico cobran un significado especial. No obstante y según Llorens (1991) esto también se hallaría fuertemente ligado al desconocimiento de los conceptos teóricos por parte de los alumnos.

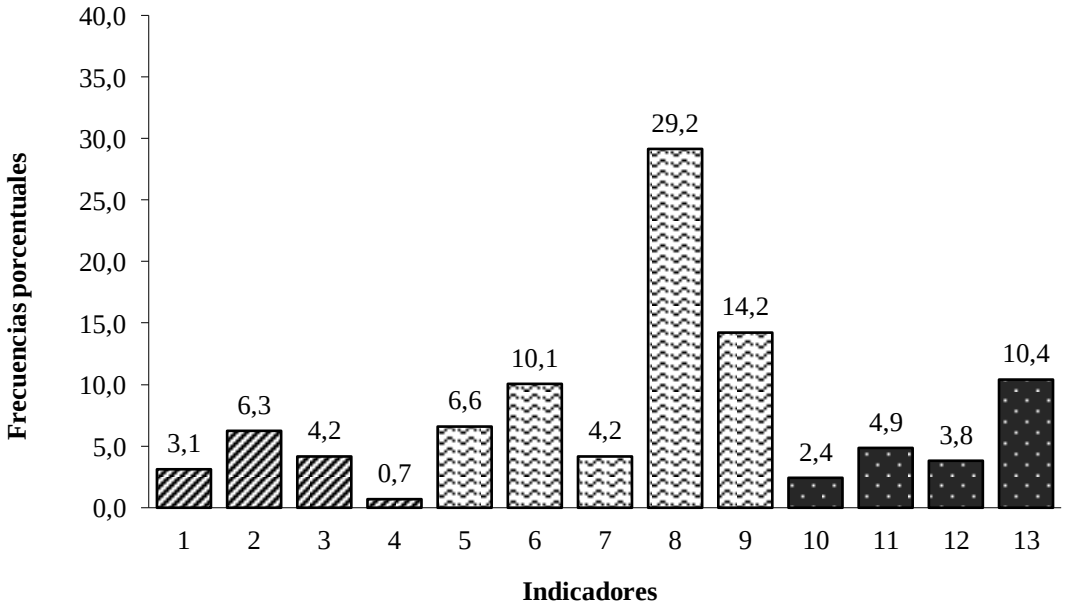

Gráfico 4.6: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 1

Enunciado 2

¿Cuántos átomos de oxígeno están presentes en una muestra de 2.33 g de O_2?

a) 2.24×10^{25} átomos de O
b) 8.77×10^{22} átomos de O
c) 1.40×10^{24} átomos de O
d) 37 átomos de O
e) 4.13×10^{24} átomos de O

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.7.

Éste es un enunciado de opciones múltiples en donde las elecciones son los posibles resultados que responderían a la pregunta. El enunciado es breve y está sintácticamente bien construido, tal vez por ello los alumnos no han informado demasiadas dificultades en cuanto a la estructura del texto.

En la categoría referente al contenido del texto predominan las dificultades asociadas a la falta de conocimientos previos o a conocimientos previos incompletos (con una frecuencia del 31, 3 % y del 17,6 % que dan cuenta de casi el 50 % de las opiniones relevadas). Los alumnos informan, en un 8% de los casos, tener dificultades en la comprensión de palabras conocidas que adquieren un significado confuso en el contexto del texto, sin embargo no parecen existir vocablos que pudieran elicitar estas respuestas. Probablemente la confusión en los alumnos se produzca cuando deben realizar inferencias para diferenciar entre el oxígeno molecular y el atómico, ya que el enunciado pide calcular los "átomos de oxígeno en 2,33 g de O2". En la etapa exploratoria, muchos alumnos manifestaron desconocer desconocer que O2 era una especie molecular y por ello no comprendían por qué luego se les pedía calcular el número de átomos de O. El valor similar de frecuencia obtenido para el indicador relacionado a las fórmulas químicas parece también avalar esto, ya que el texto solo refiere a la fórmula molecular del oxígeno, la cual es familiar para la mayoría de los alumnos desde la escuela media y no debiera entonces resultar un problema de comprensión.

En cuanto a las herramientas matemáticas utilizadas, los alumnos manifiestan en primer lugar conocerlas pero no saber cómo aplicarlas. Para resolver este problema el lector necesita construir un modelo mental que le permita hacer

una traducción simbólica del enunciado, es decir relacionar proporcionalmente una masa macroscópica de 2,33 g con un número de átomos a través del concepto de cantidad de sustancia y el número de Avogadro, lo cual puede resultar un obstáculo en la resolución, de acurdo a lo expuesto por Coleoni et al. (2001). Las dificultades referidas a las unidades de medición podrían estar asociadas a la diferenciación molécula-átomo así como a la relación entre los gramos y el número de átomos, dificultades mencionadas por Furió et al. (1999). También pueden tener influencia la presentación de los resultados en notación exponencial, que puede resultar extraña para los alumnos novatos.

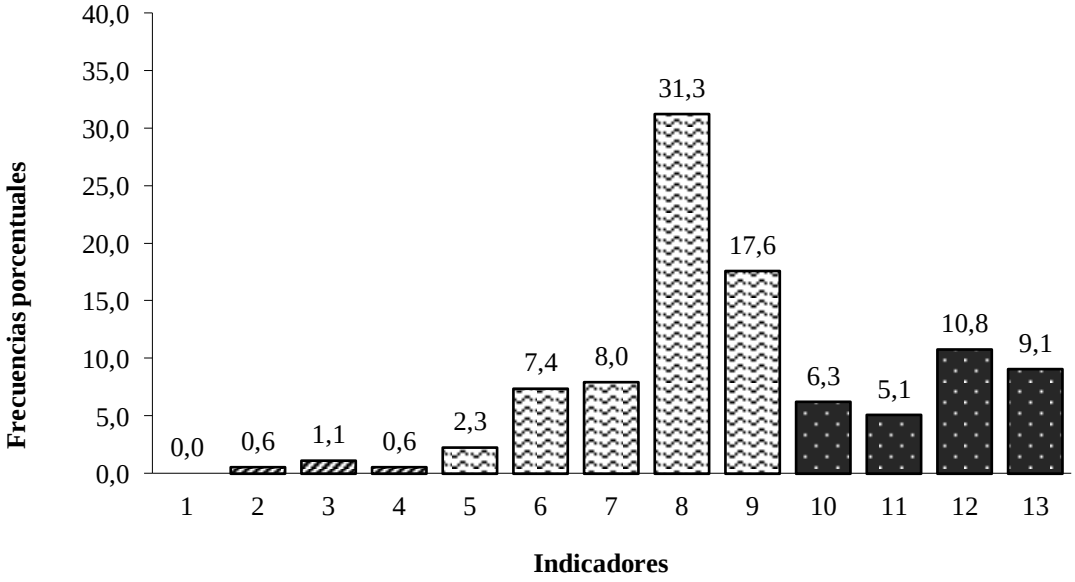

Gráfico 4.7: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 2.

Enunciado 3

La masa atómica relativa del oxígeno es 16 y el del nitrógeno 14. Se puede afirmar que en un mol de O_2…

a) Hay el mismo número de átomos que en 14 g de N_2
b) Hay 2 moles de átomos de oxígeno
c) Hay 2 átomos de oxígeno

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.8.
Este es un enunciado de opciones múltiples en la cual la alternativa correcta debe completar el texto del enunciado. Esta forma de presentar el enunciado parece confundir a algunos estudiantes, quienes mencionan hallar dificultades con la organización del texto (4,3%) y con la presencia de distractores (3,8%). También aparece un 2,2 % de opiniones acerca de la extensión del enunciado. A pesar de estos resultados, el enunciado no es extenso, no se encuentra desorganizado ni posee datos superfluos que actúen como distractores, sin embargo se pretende que el alumno deduzca lo que debe hacer a partir de los puntos suspensivos que siguen al texto incompleto. No se explicita una pregunta, sino que más bien el alumno debe corroborar cada una de las opciones. Aparentemente para estos alumnos se hace difícil construir la macroestructura del texto.
En cuanto al contenido del texto, los alumnos siguen manifestando tener problemas con sus conocimientos previos (un 28% de estas dificultades se refieren a la carencia total y un 14%, a conocimientos fragmentarios e incompletos). Los alumnos dicen confundirse con el significado de términos conocidos en un porcentaje que es casi el doble del correspondiente al enunciado anterior. Lo mismo ocurre con el significado de las fórmulas químicas, quizás debido a que se presentan dos elementos químicos en lugar de uno, con lo que se repite la confusión descripta anteriormente entre sus moléculas biatómicas y los átomos que las componen.
Las frecuencias referidas a los procesos de resolución son algo inferiores a las informadas para el enunciado anterior. Esto puede deberse a que las inferencias

conceptuales y las relaciones entre las variables participantes necesarias para elaborar el modelo situacional de este enunciado son muy similares a los que debieron aplicar en el enunciado 2, por tanto la lectura previa de ese texto pudo haber contribuido en la comprensión del siguiente.

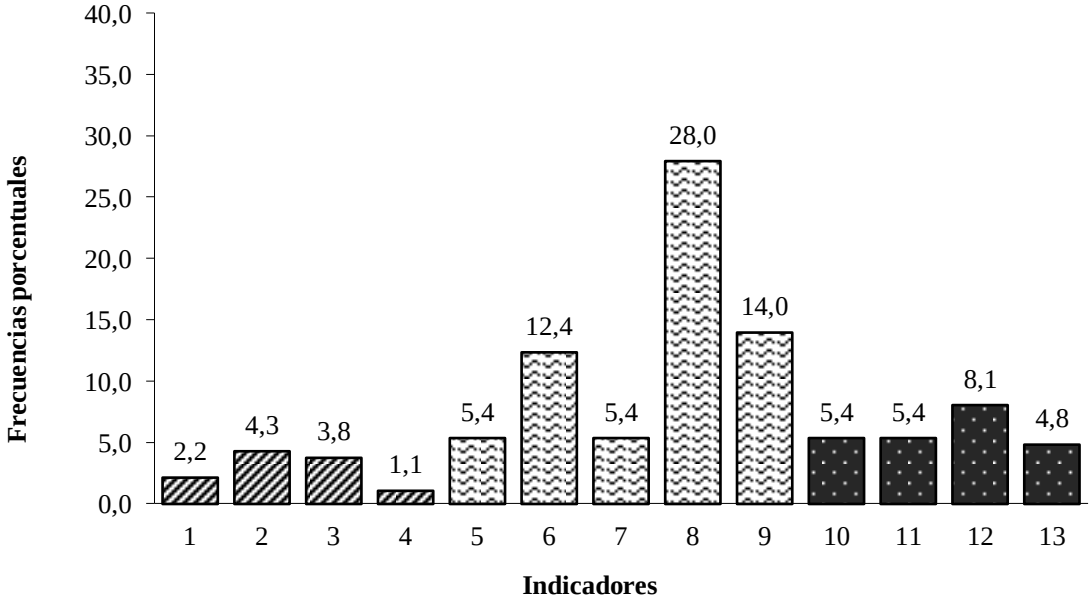

Gráfico 4.8: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 3.

Enunciado 4

10,00 g. de un compuesto AB_2 contienen 3,01 x 10^{22} moléculas, calcule:

a) *El número de moles de AB_2 que hay en los 10 g*
b) *La masa de un mol de AB_2*
c) *La masa de una molécula expresada en gramos.*
d) *La cantidad de moles de átomos de A y de B contenidos en los 10g*
e) *La cantidad de átomos de A y de B contenidos en los 10g*

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.9.

Este enunciado propone una fórmula química en donde no se especifican los elementos constituyentes, AB_2.

Las dificultades relacionadas a la estructura del texto son en general menores a las detectadas por los alumnos en los enunciados anteriores. Ellos manifiestan que el texto es extenso y que eso les produce problemas en la comprensión. Es probable que el número de incisos (cinco en total) les parezcan demasiados.

Otra vez los alumnos refieren a la falta de conocimientos previos como la causa más frecuente de dificultad en la comprensión, con un porcentaje del 10,9 %. Le siguen en importancia, con un 14%, las opiniones de alumnos que poseen conocimientos pero no saben cómo usarlos.

Los obstáculos relacionados con el vocabulario siguen la tendencia de los enunciados anteriores, en cuanto a la confusión entre los términos mol, molécula y molar. A esto se suma la utilización de una fórmula química genérica, en la que no se especifican los símbolos constituyentes y que se convierte, entonces, en un obstáculo importante para la comprensión. Esto puede apreciarse en el 11,3 % de dificultades reportadas por los alumnos en el ítem relacionado al vocabulario cotidiano con significados confusos y al 8,8% en el referido a las fórmulas químicas.

En los procesos de resolución los alumnos manifiestan problemas con las ecuaciones químicas, lo cual indica que no diferencian entre fórmulas y ecuaciones químicas ya que el problema no requiere de una ecuación química para su resolución.

Los encuestados señalan que un 14,7 % de las dificultades corresponden a problemas con las herramientas matemáticas, tanto en el desconocimiento total como en la disfuncionalidad de las mismas, esto es un 8,4% y un 6,3 %, respectivamente.

Las unidades de medición son señaladas en un 6,6% como obstáculos a la comprensión y esto puede deberse a la confusión entre la “masa molecular relativa”, la “masa molecular absoluta”, el número de átomos, el número de moles, etc., lo que ya fue explicado.

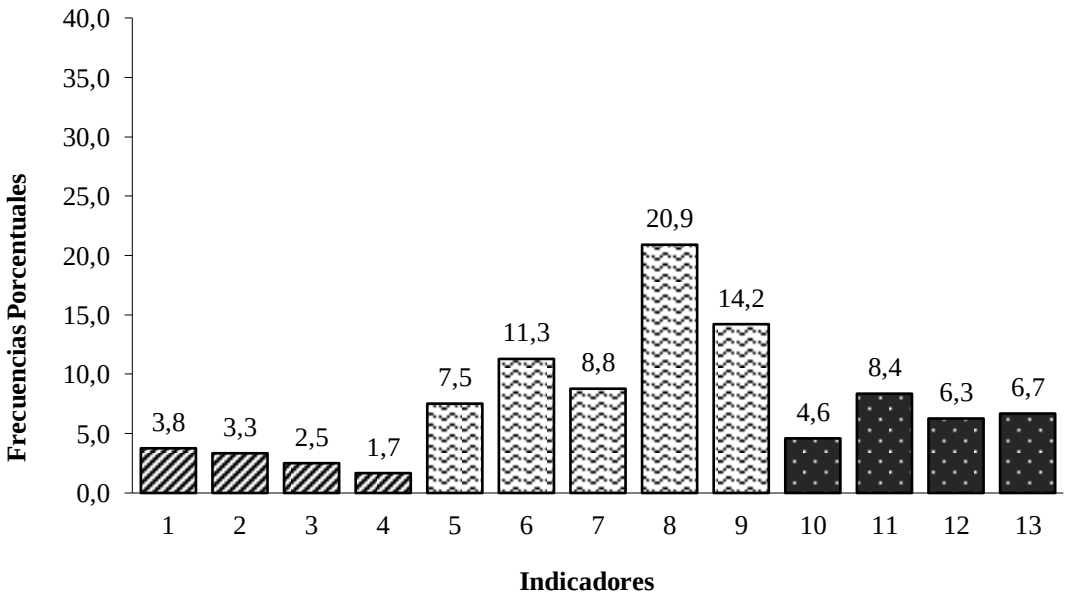

Gráfico 4.9: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 4.

Enunciado 5

Procedentes del sol chocan con la superficie de la luna 1011 átomos de H_2 por cm2 y por segundo. ¿Qué peso de hidrógeno se depositará en un m^2 de superficie lunar en 1000 años?

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.10.

Es llamativo en este enunciado la aparición de las dificultades asociadas a la estructura, sobre todo al ordenamiento del texto (7,2%) ya que se trata de un enunciado breve (unas dos líneas) y, creemos, sintácticamente bien construido. No obstante, el orden en que aparecen las partes de la oración es inhabitual, ya que el predicado de la misma está al comienzo de modo que el lector sólo identifica al sujeto al final de la línea. También los alumnos informan, en un 4,4 % de los casos, que la falta de un esquema o dibujo dificulta la comprensión. La situación misma; es decir, la contextualización del problema, es extraña a la experiencia del sujeto. Se mencionan átomos de H que se depositan en la "superficie de la luna"; es evidente que para un estudiante de 1º año que no posee suficientes conocimientos de química o astronomía, esto puede ser algo difícil de imaginar. Parecen no entender cómo es que un átomo puede "pegarse" a la superficie lunar y, además, que estos átomos provienen

del sol. También se pide calcular la masa de H_2 que se depositará en 1000 años, un lapso de tiempo demasiado grande como para ser imaginado. Todo esto puede influir negativamente en la elaboración de la macroestructura, el modelo situacional adecuado y por supuesto en el modelo del problema.

En cuanto al contenido del texto, los alumnos vuelven a mencionar a los conocimientos previos como la mayor fuente de dificultades, aunque aquí un 19,5 % corresponden a conocimientos acerca del tema que no pueden ser recordados y un 12,7 %, a la ausencia completa de estos conocimientos. Los encuestados también mencionan en un 8,4 % dificultades con palabras cotidianas de significado confuso, mientras que sólo el 2,8 % de las dificultades se asocian al desconocimiento de términos técnicos. Pareciera ser que las entidades mencionadas en el problema resultan familiares, pero no así las relaciones entre ellas. Algunos alumnos tienen conocimientos previos acerca del hidrógeno o la luna, pero aún sabiendo algo acerca de estas entidades, no son capaces de activar esquemas relevantes a la situación planteada, en la que los átomos de H "chocan" contra la luna. Esto puede crear también en algunos sujetos una sensación de falsa comprensión.

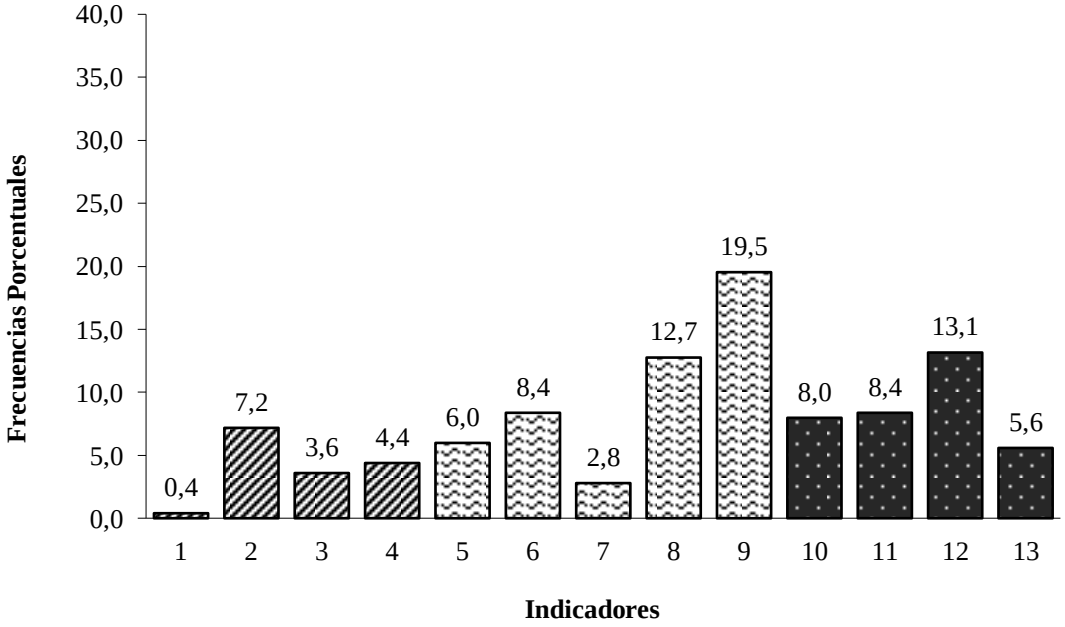

Gráfico 4.10: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 5.

Un 6% de las dificultades señaladas corresponden a los obstáculos originados en la incomprensión de fórmulas químicas, lo cual llama la atención ya que la única fórmula utilizada es la del hidrógeno molecular, una fórmula sencilla y generalmente reconocida por los alumnos.

Este ítem referido a las dificultades relacionadas con las fórmulas químicas parece estar estrechamente asociado con los alumnos que tienen problemas para entender las ecuaciones químicas. Sin embargo no es necesario en este problema el planteo de una ecuación, lo cual otra vez lleva a pensar que, tal vez, no logren diferenciar ambos conceptos.

Los procesos de resolución, son señalados en un 34% como fuentes de dificultades de comprensión. Los alumnos indican sobre todo conocer las herramientas matemáticas, pero no saber cómo aplicarlas. Esta imposibilidad de incluir los procesos de resolución dentro de la representación mental del problema es sin duda un obstáculo para la comprensión ya que, al perder su funcionalidad, deja de tener utilidad para lograr luego la resolución del mismo.

Enunciado 6

Uno de los métodos de preparación comercial de la soda cáustica es mediante la reacción del Na_2CO_3 con cal apagada, Ca(OH)2. ¿Cuántos gramos de NaOH pueden obtenerse tratando 1 kg de Na_2CO_3.

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.11.

Este es un enunciado típico de estequiometría. En él se menciona un proceso químico, la producción de la soda cáustica, y se solicita al alumno que realice un cálculo aplicando las relaciones de proporcionalidad que se infieren de la ecuación química correspondiente. La ecuación química no se proporciona en el problema, debiendo el estudiante plantearla como primer paso para la resolución.

Los alumnos manifiestan tener pocos problemas en cuanto a la estructura del texto, señalando un 7,8% del total de dificultades.

El vocabulario no parece presentarles demasiados problemas, el 5% de dificultades señaladas puede deberse tal vez al uso en el problema de términos familiares (soda cáustica o cal apagada) que deben interpretarse ahora a la luz de los conocimientos químicos. Los alumnos deben relacionar los nombres triviales de los compuestos con sus fórmulas; es decir que, si bien el texto aclara el nombre de cada compuesto, se habla primero de la soda cáustica sin exponer su fórmula y luego, en la pregunta, se piden los gramos de NaOH que pueden obtenerse, sin informar que se trata de la soda cáustica. No se nombra el otro producto de la reacción, carbonato de calcio, por lo cual es probable que el alumno no pueda dilucidar de quién se está hablando cuando se menciona la soda cáustica. Ello explicaría el 5% señalado en cuanto a la escritura de las fórmulas químicas.

Éste es el primero de los enunciados propuestos en donde se requieren cálculos sobre la reacción química, por lo cual se esperaría que los alumnos manifestaran más dificultades relacionadas a los conocimientos previos que en los enunciados anteriores. No obstante, en los enunciados 1, 2 y 3 por ejemplo, los sujetos manifiestan encontrar muchas más dificultades en relación a los conocimientos previos que en este caso. Esto es llamativo, ya que los conceptos que se busca construir con los primeros enunciados, el mol, la masa molar, las proporciones de los elementos en los compuestos, resultan centrales para el cálculo de proporciones dentro del proceso químico.

Los alumnos señalan tener un 35,7% de dificultades para la categoría referida a los procesos de resolución (sumando las frecuencias calculadas para cada indicador). El indicador señalado por los estudiantes en mayor medida es el planteo de la ecuación química, lo cual es comprensible, dado que partiendo de las fórmulas químicas dadas en el enunciado, el alumno debe construir la ecuación correspondiente. A esto se suma que la fórmula química del hidróxido de sodio no tiene un referente evidente en el texto porque para nombrarlo se utiliza su nombre trivial, “soda caústica”, de tal modo que es difícil que el estudiante pueda relacionar este nombre con la fórmula que aparece más adelante.

No parecen existir diferencias en cuanto al conocimiento o a la funcionalidad de las herramientas matemáticas. Los alumnos exponen, casi en igual medida, desconocerlas o conocerlas pero no poder aplicarlas.

En suma, estos resultados sugieren que los alumnos no lograron elaborar una representación del significado profundo del texto; es decir, que no han establecido las necesarias relaciones conceptuales y procedimentales para luego acometer la resolución: el planteo de la ecuación balanceada, la utilización del concepto de mol y de masa molar y las relaciones proporcionales entre reactivos y productos. El lenguaje "familiar" con que está escrito el enunciado y la brevedad del mismo pueden también dar al alumno una sensación de falsa comprensión, lo cual podría explicar por qué señalan menos dificultades que para otros enunciados.

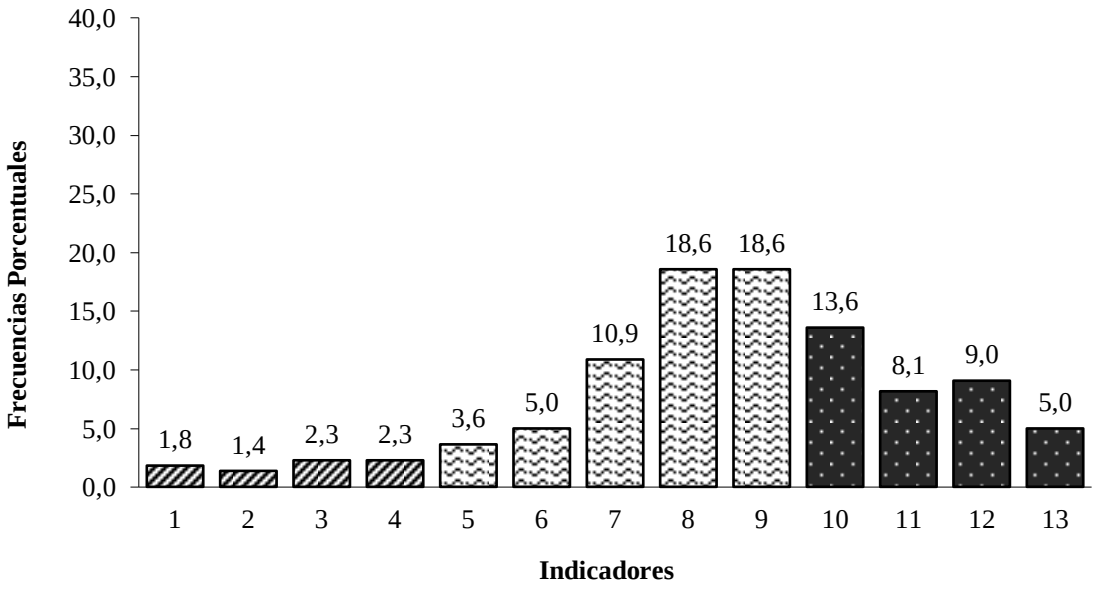

Gráfico 4.11: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 6.

Enunciado 7

Dada la siguiente ecuación química no balanceada:

$$Al_4C_{3(s)} + H_2O_{(l)} \rightarrow Al(OH)_{3(ac)} + CH_{4(g)}$$

Si se mezclan 216 g de Al_4C_3 -carburo de aluminio- con 12 moles de H_2O, indique la afirmación INCORRECTA.

a) Se liberaran 67,2 L de CH_4 –metano- en CNPT

b) Reaccionan 12 moles de H_2O

c) El reactivo en exceso es Al_4C_3

d) Reaccionan 1 mol de Al_4C_3

e) Se forman 4 g de $Al(OH)_3$

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.12.

En este enunciado aparece un compuesto químico, el carburo de aluminio, que puede resultar extraño para los alumnos, ya que no se aborda la formación de carburos en el dictado de la unidad de fórmulas y nomenclaturas químicas. Si bien en este texto se aclara suficientemente la identidad de cada compuesto y se le proporciona al alumno la ecuación química correspondiente, se observa una alta frecuencia en las dificultades para comprender las fórmulas químicas (10,4%) y, más aún, para plantear la ecuación (14,9%). Los alumnos también indican obstáculos asociados a la aparición de palabras desconocidas para ellos. El nombre del compuesto “carburo de aluminio” puede desconcertar a los estudiantes, también las siglas CNPT (Condiciones Normales de Presión y Temperatura).

También se advierte una alta frecuencia en el ítem correspondiente al desconocimiento del uso de las herramientas matemáticas. Es decir, el alumno tiene cierta idea de lo que debería hacer pero no sabe cómo comenzar. Es probable que el desconcierto surja ante los datos de los dos reactivos involucrados. Se trata de un problema en el que se debe calcular reactivo limitante, lo cual suma una dificultad al momento de resolver ya que el

estudiante debe primero detectar esta situación para después identificar al reactivo limitante mediante un cálculo de proporcionalidad.

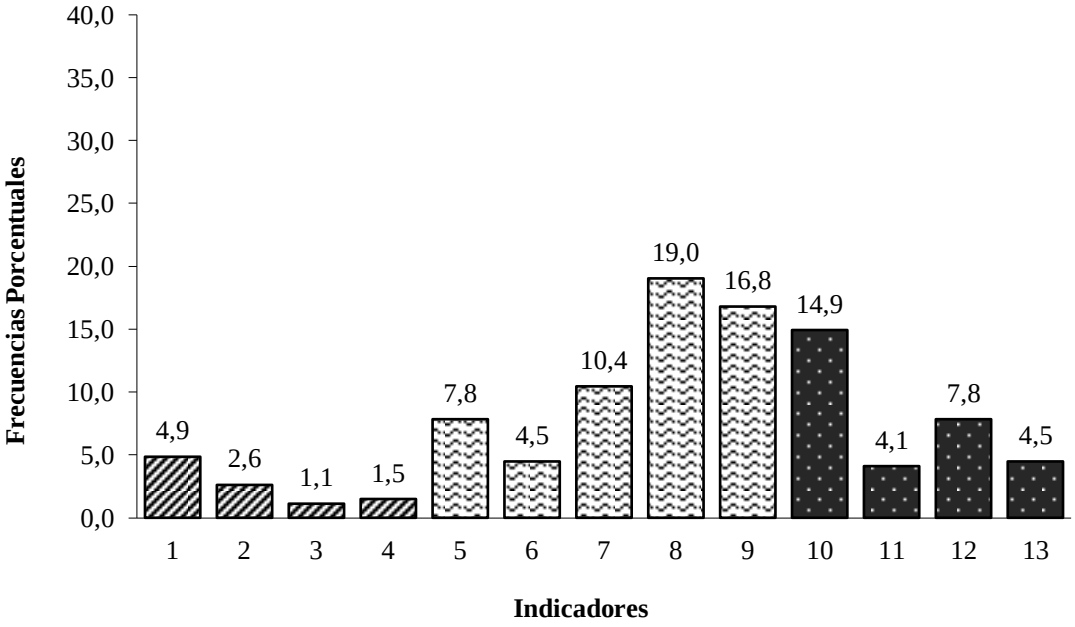

Gráfico 4.12: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 7

Enunciado 8

Se obtuvieron 27,216 toneladas de sulfato de amonio como fertilizante, según la siguiente ecuación:

$$NH_{3(g)} + H_2SO_{4(ac)} \rightarrow + \ (NH_4)_2SO_{4(s)}$$

Si se utilizaron 9500 m3 de amoníaco medidos a 0°C y 1 atm de presión calcule:

a) Si la reacción fuera total, la masa de sulfato de amonio que se debería obtener a partir del volumen de amoníaco que reaccionó.

b) El rendimiento de la reacción.

c) El número de átomos de hidrógeno que intervienen en la reacción si fuera total.

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.13.

Las dificultades originadas en la estructura del texto sólo dan cuenta de un 13 % de las dificultades totales señaladas por los alumnos para este enunciado. Entre ellas se observa que los encuestados perciben como el mayor obstáculo a la longitud del escrito, que reúne el 6,8 % de los problemas señalados. El texto del enunciado no es extenso y se encuentra dentro de la longitud promedio de un problema de estequiometría , no obstante, la presencia de tres incisos para resolver pudo crear la sensación de un texto largo.

En la segunda categoría de análisis vuelven a ser señalados los conocimientos previos ausentes o no funcionales, como las mayores dificultades para la comprensión, reuniendo el 32,9% de las opiniones de los alumnos. El mayor porcentaje (un 18,2%) corresponde a aquellos conocimientos conocidos pero no recordados, lo cual puede deberse a la activación de algunos conocimientos de estequiometría durante la lectura de los enunciados anteriores.

Los sujetos señalaron un 12,3 % de problemas referidos a las fórmulas y nomenclatura y un 8,2% en cuanto al uso del vocabulario específico. Es probable que ambos indicadores se relacionen entre sí, ya que el texto proporciona los nombres de los compuestos y la ecuación química, pero el alumno debe inferir a qué fórmula presentada en la ecuación corresponde cada nombre.

Los procesos de resolución reúnen el 30,8 % de los obstáculos indicados en la encuesta. Llama la atención que, de éstos, el 8,2 % corresponda al planteo de ecuaciones, ya que la misma es explicitada en el enunciado de modo que el alumno no debe plantearla. Esta frecuencia podría explicarse por la dificultad que pueden tener algunos estudiantes para realizar las inferencias necesarias para relacionar los nombres de los compuestos del texto con las fórmulas que parecen en la ecuación.

Un 8,9 % de los obstáculos se corresponden al desconocimiento total de las herramientas matemáticas para la resolución, mientras que el 7,2% se asocia al conocimiento de las herramientas pero sin poder utilizarlas.

El uso de diferentes unidades tales como la tonelada o el metro cúbico y que requieren del trabajo con múltiplos y submúltiplos o con equivalencias explicaría el 6,5 % de las opiniones vinculadas al problema con las unidades de medición.

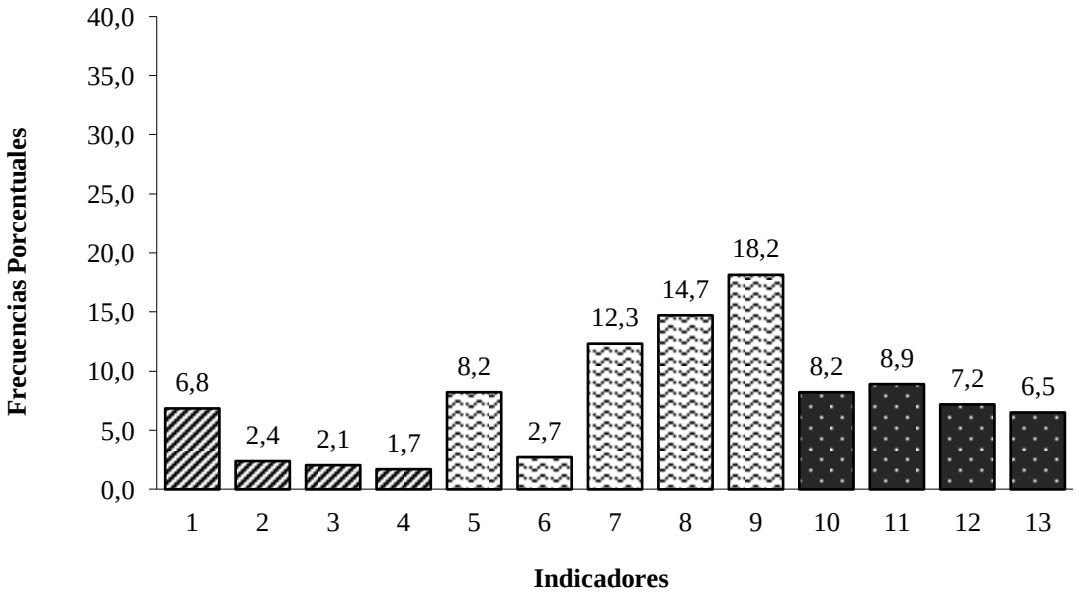

Gráfico 4.13: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 8.

Enunciado 9

En la elaboración industrial de galletas es común que se agreguen $KHC_4H_4O_6$ -crémor tártaro- y $NaHCO_3$ -bicarbonato de sodio-, ambos en polvo, para que al hornearlas, estos dos compuestos reaccionen entre sí, liberando CO_2 -dióxido de carbono- gaseoso. Lo que ocurre es que el gas queda "atrapado" dentro de la galleta horneada y eso hace que se esponje. La ecuación que representa la reacción entre los dos compuestos mencionados durante el horneado, es la siguiente:

$$KHC_4H_4O_{6(s)} + NaHCO_{3(s)} \rightarrow KNaC_4H_4O_{6(s)} + CO_{2\,(g)} + H_2O_{\,(l)}$$

La industria galletera Bagley sabe que la producción de 7,5 L de CO2 por cada kg de galletas es suficiente para obtener un esponjado adecuado. Tomando en cuenta las siguientes condiciones:

- *No debe quedar $NaHCO_3$ –bicarbonato de sodio- en el producto terminado porque altera el sabor.*
- *El crémor tártaro sólo se puede conseguir en una mezcla comercial, "SPONJEX", que por cada 100 g contiene 20 g de crémor tártaro y 80 g de leche descremada.*
- *Se recomienda que en la galleta horneada permanezca un residuo de 0.7% en peso de crémor tártaro, para mejorar su sabor. El horneado se realiza a 240ºC y 0.73 atm de presión.*

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se quiere saber:

a) ¿Cuántos gramos de SPONJEX y de $NaHCO_3$ -bicarbonato de sodio- con 95% de pureza que deben emplearse en la formulación para preparar 20 Kg. de galletas de la mejor calidad?

b) ¿Cuál será el porcentaje en peso de ambos en la formulación? (Se recomienda tomar como base de cálculo 1kg de galletas)

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.14.

Este enunciado corresponde a un problema integrador en donde se aplican conceptos de soluciones, gases junto con estequiometría. Es un problema contextualizado, relacionado a la práctica profesional de un ingeniero industrial, por lo tanto se utiliza lenguaje realista y en el enunciado se proporcionan una gran cantidad de datos correspondientes a variables reales que deben controlarse en el proceso industrial descripto.

Es muy llamativo que el 33,2 % de las dificultades reportadas por los alumnos para este enunciado correspondan a la longitud del texto, mientras otros indicadores, como por ejemplo los relacionados a los conocimientos previos (8 y 9) den cuenta de sólo un 17 % de los obstáculos señalados. Pareciera que los alumnos ni siquiera intentan comprender el enunciado, sólo leen unas pocas frases y lo abandonan porque es demasiado largo. Un alumno manifestó en el

reactivo abierto del cuestionario lo siguiente: “ni siquiera me molestaría en leer ese enunciado”. Ya Sánchez Giménez (2003) manifiesta que los alumnos prefieren los problemas de tipo “clásico” aunque piensen que los problemas reales son más motivadores e interesantes debido, entre otras cosas, a la extensión del texto y al exceso de datos que suelen tener este tipo de problemas.

El enunciado analizado aquí no tiene datos extra, todos los datos son utilizados para la resolución, sin embargo hay tantos datos a tener en cuenta que exceden la capacidad de la memoria operativa y limitan la elaboración de la macroestructura. El estudiante poco entrenado no se da cuenta de que podría utilizar herramientas externas, tales como lápiz y papel, como auxiliares de la memoria de trabajo (Pozo, 2000) y así organizar la información. Aquí los alumnos no parecen detectar que el enunciado no presenta información superflua y señalan un 9,5 % de dificultades asociadas a la presencia de distractores, aún cuando no los hay.

Ningún otro indicador sobresale demasiado en el análisis de frecuencias. Varios alumnos han marcado algunos de ellos como fuente de dificultad pero en baja proporción y todos más o menos en igual medida. Por sus características, el texto debería haber suscitado muchas más dificultades que las señaladas por los estudiantes en el cuestionario y no solamente referidas a su extensión.

Estos resultados inducen a pensar que, como ya se mencionó, la mayoría de los sujetos no leyó el enunciado para responder el cuestionario. Al comenzar percibieron el alto grado de dificultad y la longitud y decidieron directamente no continuar leyendo este enunciado.

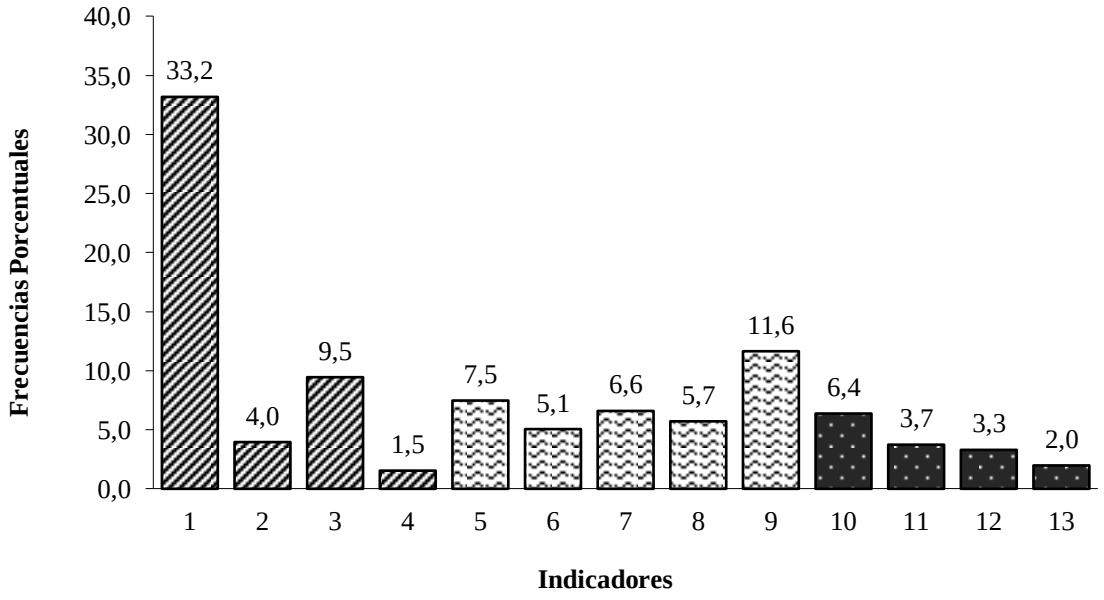

Gráfico 4.14 Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 9.

Enunciado 10

La cal viva no es otra cosa que CaO -óxido de calcio-. Para poder utilizarla en la construcción debe previamente "apagarse" con agua.

a) Platear la ecuación química para este proceso y balancearla. ¿Qué compuesto químico se obtiene?
b) ¿Cuántos Kg. de cal apagada podrían obtenerse al tratar con agua en exceso una bolsa de cal viva (20 Kg.)?

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.15.
En este enunciado se pide el planteo de la ecuación correspondiente al proceso de formación del hidróxido de calcio a partir del óxido básico correspondiente y agua. En el texto se comenta que este proceso es el de "apagado" de la cal viva para utilizarla luego en la construcción. Se trata de un problema de

química aplicada al uso de materiales de construcción. El enunciado incluye un primer inciso en el que se pide el planteo de la ecuación para el proceso químico descripto y luego el cálculo de la cantidad de hidróxido de calcio obtenido al tratar una cierta masa de óxido con agua.

Los alumnos no declaran tener demasiadas dificultades con la estructura del texto, acumulando esta categoría sólo el 9,3 % del total de las dificultades mencionadas para este enunciado. El 3,3% de dificultades citadas por los alumnos en referencia a la longitud del texto puede deberse a la presencia de dos incisos, aunque en realidad el enunciado no es demasiado extenso, sólo tiene unas seis líneas.

Como ya ha sido mencionado, los alumnos carecen de los conocimientos de formulación necesarios para resolver el enunciado, hecho que puede corroborarse en la alta frecuencia asociada a las dificultades con las fórmulas y ecuaciones químicas, un 15,9 % de total. Los alumnos indican también tener problemas con el vocabulario: un 5,7 % de las dificultades corresponden a problemas con los términos técnicos y el 4,1 % a palabras de uso cotidiano que aparecen con significados confusos en el texto. El uso de expresiones como “cal viva”, “cal apagada” puede activar esquemas mentales alejados al ámbito de la química, entonces estos términos acompañados de las fórmulas químicas producen representaciones confusas en los lectores quienes deben relacionar unos con las otras para comprender adecuadamente la situación.

Los conocimientos previos vuelven a ser los que, en opinión de los alumnos, obstaculizan en mayor medida la comprensión, acumulando el 38,5 % de las dificultades informadas en este enunciado.

En cuanto a los procesos de resolución, la mayor proporción de las mismas fue referida al planteo de la ecuación química, un 14,2%. Ya han sido expuestos los problemas que tienen los estudiantes para manejar el sistema simbólico de la química. La resolución lógica de un problema de estequiometría implica necesariamente plantear la ecuación química correspondiente y, como justamente en este caso no se proporciona, es un gran obstáculo en la resolución. Los alumnos también señalan dificultades con las herramientas matemáticas pero en porcentajes bastante menores que en el indicador anterior. Los obstáculos referidos a las herramientas matemáticas son señalados pero en

baja proporción, probablemente porque el lector no logra construir un modelo mental de la situación del texto ya que se queda en las representaciones superficiales debido a los problemas con el acceso al léxico, con la construcción del texto base y con la macroestructura.

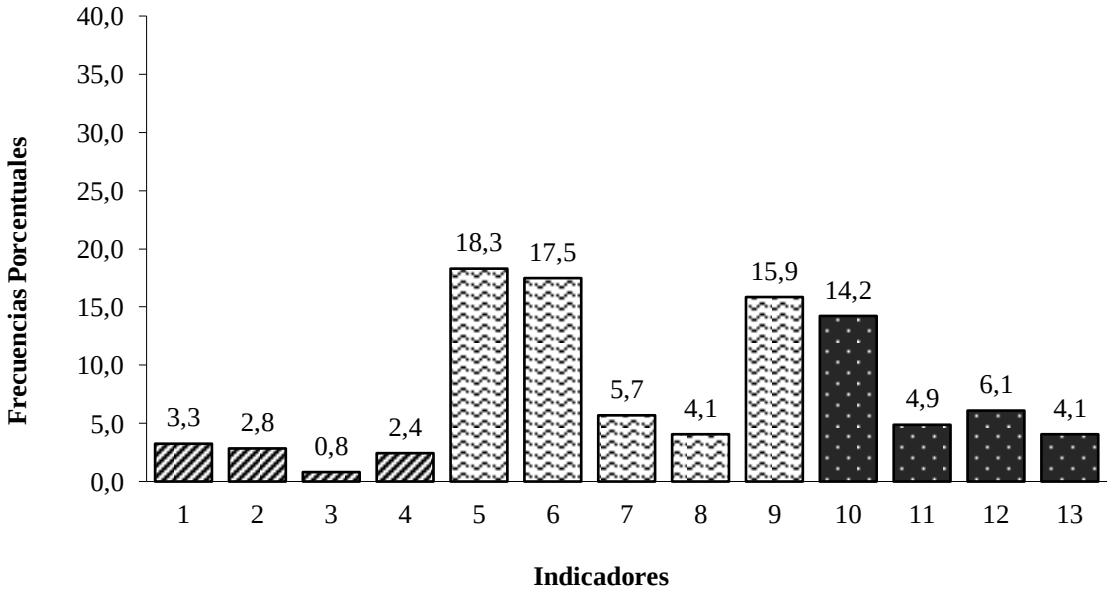

Gráfico 4.15: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 10.

Enunciado 11

El freón-12, gas empleado en artefactos de refrigeración (heladeras, acondicionadores de aire), se prepara según la siguiente reacción:

$$3\ CCl_{4(l)} + 2\ SbF_{3(s)} \rightarrow 3\ CCl_2F_2\ (freón) + 2\ SbCl_{3(s)}$$

Si se mezclan 150 Kg. de CCl_4 -tetracloruro de carbono- con 100 Kg. de SbF_3 -trifluoruro de antimonio- calcule:

a) ¿Qué masa (expresada en gramos) de CCl_2F_2 pueden formarse como máximo?

b) ¿Qué masa (expresada en gramos) y de qué reactivo sobrarán, una vez que la reacción termine?

c) Si el rendimiento fuese de un 75% ¿Qué volumen en CNPT de Freón-12 se obtendría?

El freón-12 ha dejado de utilizarse en los países del primer mundo ya que como otros compuestos orgánicos fluorados, reacciona con el O_3 –ozono- estratosférico descomponiéndolo. Este fenómeno, responsable del adelgazamiento de la capa de ozono tiene lugar según las siguientes ecuaciones

1- $CCl_2F_2 \rightarrow Cl^{\cdot} + CClF_2 \quad h\nu(\lambda \leq 220\ nm)$

2- $Cl^{\cdot} + O + O_3 \rightarrow 2O_2 + Cl^{\cdot}$

El $^{Cl.}$ *es un radical libre que sirve de catalizador (no se consume ni se produce) en la reacción.*

¿Cuantos Kg. de O_3 –ozono- se descompondrían en O_2 -oxígeno molecular- con la cantidad de freón 12 obtenida en el inciso a del problema anterior?

Los resultados de este análisis se resumen en el gráfico 4.16.

En este caso se repite la situación del enunciado 9, un problema realista, en el cual la longitud del enunciado vuelve a ser la mayor dificultad, aunque no en igual medida.

El enunciado se divide en dos secciones con diferentes incisos cada una, siendo el concepto unificador el gas freón. En la primera parte se trata la producción del mismo, en la segunda el ataque de este gas al ozono estratosférico.

Los alumnos señalan un 15,7% de dificultades asociadas a la longitud del texto, acompañadas, en menor medida (un 7,1 % en total), por otras referidas al ordenamiento y a la presencia de distractores. Esto es esperable, dada la considerable extensión del enunciado. Además, por estar dividido en dos partes, a primera vista, parece que hubiera dos enunciados diferentes. Esto también pudo causar problemas de comprensión a los alumnos que señalaron el

indicador asociado al ordenamiento del texto. Por otra parte, la gran cantidad de vocabulario desconocido pudo confundir a los alumnos, lo cual explica que señalaran dificultades relacionadas a la información superflua o distractores[9].

En la segunda categoría, referida al contenido del texto, se acumula el mayor porcentaje de dificultades informadas por los alumnos con respecto a este enunciado, un 54,8% de los indicadores señalados pertenecen a esta categoría. Puede observarse que los alumnos manifestaron (en un 14,7%) tener dificultades por carecer de conocimientos previos y en un 14,3% consideraron que el vocabulario específico-técnico de la materia obstaculizaba su comprensión. El 12% de las dificultades informadas están relacionadas con el desconocimiento de fórmulas químicas. La manera en que se presenta la información en este problema permite suponer que los tres indicadores señalados están relacionados entre sí. El enunciado no contiene palabras técnicas de significado oscuro. Contiene en cambio una serie de símbolos como hν ($\lambda < 220$ nm), o el radical $Cl^{\cdot}$, que son las que seguramente producen las dificultades señaladas por los alumnos. Ellos perciben a estos símbolos como vocabulario desconocido, como fórmulas químicas extrañas y todo esto es consecuencia de carecer de conocimientos más profundos acerca de la cuántica[10].

Es llamativo, entonces, que en este enunciado, no se señalen a los conocimientos previos con tanta frecuencia como en otros; los alumnos sólo los mencionan en un 14,7%. Se observa además que sí señalan conocer el tema pero no recordarlo en un 9,1%. Esto puede deberse a que el proceso descripto es un contenido abordado frecuentemente en la escuela media por su importancia ambiental, aunque tal vez no siempre desde la química o la física y, por lo tanto, el alumno activa este esquema de la degradación del ozono aunque no sea el adecuado para esta situación.

---

[9] Recuérdese que en ninguno de los enunciados planteados hay datos superfluos o distractores colocados de manera deliberada para confundir al alumno.

[10] hν es la expresión que permite calcular la longitud de onda de un fotón de radiación electromagnética. $\lambda < 220$ nm significa que esa luz tiene una longitud de onda menor a 220 nm y hace referencia a la luz ultravioléta necesaria para desencadenar la reacción

En cuanto a los procesos de resolución parecen haber sido enmascarados por el obstáculo que representó el vocabulario desconocido. No obstante, es interesante ver que el indicador asociado al uso de ecuaciones químicas es señalado en un 7,6%, siendo la dificultad más frecuente dentro de esta categoría. El mecanismo con dos reacciones consecutivas es poco familiar para los alumnos, ya que normalmente éstos trabajan con una sola ecuación por enunciado, lo cual podría explicar este porcentaje.

De acuerdo a lo expuesto no sería extraño que los alumnos encuentren difícil de establecer o aplicar las herramientas matemáticas necesarias para resolver el problema. Los tres últimos indicadores dan cuenta en total del 18,1% de los señalados por los encuestados.

En general se observa que las dificultades informadas con mayor frecuencia son aquellas relacionadas con los conocimientos previos, siguiéndole en importancia aquellas referidas al lenguaje de la química y a la longitud del texto.

Los conocimientos previos acerca del tema son necesarios, tal y como se expuso en el marco teórico, para la elaboración de las representaciones mentales de nivel intermedio y de alto nivel. Éstas son la macroestructura textual, el modelo situacional y, finalmente, el modelo del problema. Si el lector no cuenta con los conceptos adecuados sólo podrá construir representaciones superficiales del mensaje del texto y no logrará comprender el enunciado planteado. Sin embargo, el solo hecho de poseer estos conocimientos no implica necesariamente su funcionalidad. El lector puede conocer acerca del tema y no ser capaz de utilizar estos conceptos para enriquecer sus representaciones mentales sobre el texto; es decir, para integrarlos significativamente en una nueva representación.

El lenguaje de la química es un obstáculo para el aprendizaje de la química que ha sido señalado por investigadores como Pozo (1989) y Garritz (1998), entre otros. Es esperable entonces que las fallas en el uso del código químico incidan también sobre el proceso de lectocomprensión de los enunciados de problemas de estequiometría. El nivel simbólico de representación en química permite relacionar los niveles macroscópico y nanoscópico mediante ecuaciones

químicas que son la base sobre la cual se apoya el tratamiento cuantitativo del cambio químico.

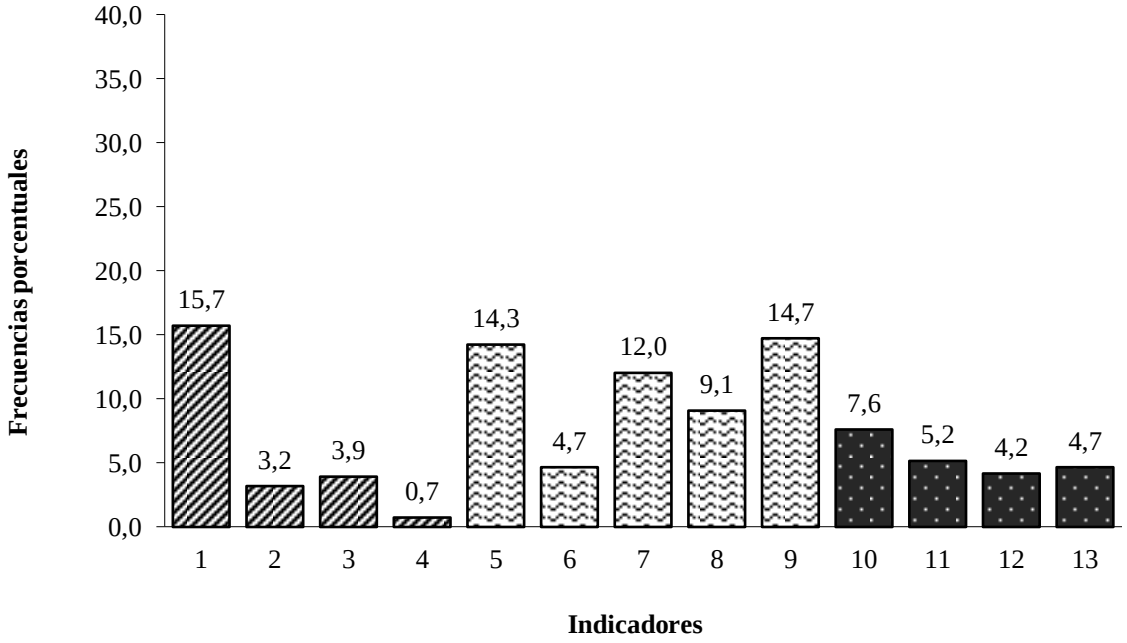

Gráfico 4.16: Frecuencias porcentuales de dificultades informadas por los alumnos correspondientes al enunciado 11.

4.2. Resultados del estudio en profundidad.

Para realizar el estudio en profundidad, se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en el análisis de los datos aportados por el cuestionario y se seleccionaron aquellos enunciados, en los cuales los alumnos señalaron tener más dificultades de comprensión. A continuación se detalla con qué enunciado trabajó cada alumno durante el razonamiento en voz alta.

La Alumna 1 leyó el enunciado 1

1. Aplicando el concepto de mol, masa molar, masa molecular absoluta y masa molecular relativa, complete el siguiente cuadro:

1) Masa de 1 mol de moléculas de H_2O (g)	
2) Masa relativa de 1 molécula de H_2O (uma)	
3) Masa absoluta de 1 molécula de H_2O (g)	

El Alumno 5, el alumno 6 y el alumno 8 leyeron el enunciado 11

11. El freón-12, gas empleado en artefactos de refrigeración (heladeras, acondicionadores de aire), se prepara según la siguiente reacción:

$$3\ CCl_4(l) + 2\ SbF_3(s) \rightarrow 3\ CCl_2F_2\ (freón) + 2\ SbCl_3(s)$$

Si se mezclan 150 Kg. de CCl_4 -tetracloruro de carbono- con 100 Kg. de SbF_3 -trifluoruro de antimonio- calcule:

a) ¿Qué masa (expresada en gramos) de CCl_2F_2 pueden formarse como máximo?
b) ¿Qué masa (expresada en gramos) y de qué reactivo sobrarán, una vez que la reacción termine?
c) Si el rendimiento fuese de un 75% ¿Qué volumen en CNPT de Freón-12 se obtendría?

El freón-12 ha dejado de utilizarse en los países del primer mundo ya que como otros compuestos orgánicos fluorados, reacciona con el O_3 –ozono- estratosférico descomponiéndolo. Este fenómeno, responsable del adelgazamiento de la capa de ozono tiene lugar según las siguientes ecuaciones

1- $CCl_2F_2 \rightarrow Cl\cdot + CClF_2 \quad h\nu(\lambda \leq 220\ nm)$
2- $Cl\cdot + O + O_3 \rightarrow 2O_2 + Cl\cdot$

El Alumno 2 leyó el enunciado 4.

4. 10,00 g. de un compuesto AB2 contienen 3,01 x 1022 moléculas, calcule:

a. El número de moles de AB2 que hay en los 10 g.
b. La masa de un mol de AB2
c. La masa de una molécula expresada en gramos.
d. La cantidad de moles de átomos de A y de B contenidos en los 10g.
e. La cantidad de átomos de A y de B contenidos en los 10g.

La Alumna 4 y el alumno 7 leyeron el enunciado 6.

6. Uno de los métodos de preparación comercial de la soda cáustica es mediante la reacción del Na2CO3 con cal apagada, Ca(OH)2. ¿Cuántos gramos de NaOH pueden obtenerse tratando 1 kg de Na_2CO_3.

El alumno 3 y el alumno 9 leyeron el enunciado 9

9. En la elaboración industrial de galletas es común que se agreguen $KHC_4H_4O_6$ -crémor tártaro- y $NaHCO_3$ -bicarbonato de sodio-, ambos en polvo, para que al hornearlas, estos dos compuestos reaccionen entre si, liberando CO2 -dióxido de carbono- gaseoso. Lo que ocurre es que el gas queda "atrapado" dentro de la galleta horneada y eso hace que se esponje. La ecuación que representa la reacción entre los dos compuestos mencionados durante el horneado, es la siguiente:

$$KHC_4H_4O_6(s) + NaHCO_3(s) \rightarrow KNaC_4H_4O_6(s) + CO_2\ (g) + H_2O\ (l)$$

La industria galletera Bagley sabe que la producción de 7,5 L de CO2 por cada kg de galletas es suficiente para obtener un esponjado adecuado. Tomando en cuenta las siguientes condiciones:

- No debe quedar $NaHCO_3$ –bicarbonato de sodio- en el producto terminado porque altera el sabor.
- El crémor tártaro sólo se puede conseguir en una mezcla comercial, "SPONJEX", que por cada 100 g contiene 20 g de crémor tártaro y 80 g de leche descremada.
- Se recomienda que en la galleta horneada permanezca un residuo de 0.7% en peso de crémor tártaro, para mejorar su sabor. El horneado se realiza a 240ºC y 0.73 atm de presión.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto se quiere saber:

a) ¿Cuántos gramos de SPONJEX y de $NaHCO_3$ -bicarbonato de sodio- con 95% de pureza que deben emplearse en la formulación para preparar 20 Kg. de galletas de la mejor calidad?

a) ¿Cuál será el porcentaje en peso de ambos en La formulación? (Se recomienda tomar como base de cálculo 1kg de galletas)

4.2.1. Análisis de los indicadores utilizados

Luego de analizadas las transcripciones obtenidas en el estudio en profundidad, se extrajeron, para cada indicador, fragmentos que evidenciaran las dificultades de comprensión de los alumnos entrevistados. En algunos casos estas dificultades de comprensión fueron detectadas sólo por el investigador, y, en otros, eran expresadas de manera explícita por el alumno, denotando en estos casos el control metacognitivo de la lectura. El objetivo de esta etapa de la investigación fue, por un lado, corroborar los resultados obtenidos en la entrevista y, por otro, ahondar en la naturaleza de las dificultades lectoras que tenían estos alumnos. A continuación se expondrán los resultados obtenidos del análisis para cada indicador

4.2.2. Resultados del análisis utilizando los indicadores derivados del cuestionario.

a- <u>Longitud del texto:</u>

La alumna 1 al leer el enunciado 8 interrumpió la lectura inmediatamente luego de leer la ecuación química, requiriendo la intervención del entrevistador para que continuara leyendo. El alumno 3 leyó el enunciado 9 e interrumpió la lectura en varios puntos del problema ante lo cual el entrevistador también instó a la continuación de la lectura. En ambos casos los alumnos no parecieron darse cuenta de que habían dejado de leer y no mostraron interés en continuar

leyendo. Sólo cuando el entrevistador intervino invitándolos a continuar retomaron la lectura del enunciado asignado. Además, frente a la intervención del entrevistador, ninguno de los dos expresó espontáneamente sus razones para detener la lectura, sólo prosiguieron con la tarea.

- *Alumna 1: Bueno…Ehhh…(Pausa) Me da….Ehh….(Pausa) La cantidad deee toneladas que se obtuvieron y Ehhh… me da una ecuación. Yo lo que pienso es que tengo que leer la ecuación…Ehhh… y ver cuál es el producto para relacionarlo que me está dando acá como resultado.*
- *Entrevistador: Bueno…Sigue el problema…Ves…*
- *Alumna 1: Si….Ehhh…Dice: Si se utilizaron nueve…nueve mil quinientos Ehhh…*

- *Alumno 3: Y acá me da… la ecuación de los…Componentes…*
- *Entrevistador: Seguí hablando…*
- *Alumno3: Ah…¿Acá sigue?*
- *Entrevistador: Sí*

El alumno 5, quien leyó el enunciado 11, detuvo la lectura al finalizar con el primer inciso del enunciado. Sin embargo, en este caso él mismo le preguntó al entrevistador con qué pregunta debía seguir, lo cual indica que era consciente de que había interrumpido el proceso.

- *Alumno 5: (.....) Digamos de la reacción que se va a formar entre esos dos. Una vez que la reacción termina… Prácticamente… ¿Con qué otra pregunta?*
- *Entrevistador: Con el punto que sigue…*

Es muy probable que, aunque el entrevistador no respondiera, el mismo alumno hubiera sido capaz de proseguir; su consulta evidenció que esperaba otra pregunta en el enunciado.

Los resultados obtenidos en el cuestionario también mostraron que los alumnos señalaron problemas de comprensión relacionados con la longitud del texto de

estos enunciados (véase las secciones 4.1.1 y 4.1.2). En el caso del enunciado 9, la dificultad asociada a la longitud del texto llegaba hasta a enmascarar a los demás indicadores propuestos en el cuestionario. Recuérdese la sugestiva observación hecha por uno de los alumnos encuestados "Ni siquiera me molestaría en leer ese problema". Es decir, que el alumno ve un texto al que considera largo y, directamente, desiste de leerlo. Tal como menciona el alumno 3 en otras partes de la sesión.

- *Entrevistador: ¿Y ahora en qué estás pensando?*
- *Alumno 3: Eeeenn…Cómo hacer…Cómo resolver el problema…O sea…*
- *Entrevistador: ¿Y no podés seguir leyendo?*
- *Alumno 3: ¿Qué?*
- *Entrevistador: O sea te quedaste trabado pensando cómo resolver…*
- *Alumno 3: Sí, cómo resolver y como que ya no importa adelante…*
- *Entrevistador: Seguí leyendo…*
- *Alumno 3: (Se queda callado)*

Y luego, casi al finalizar

- *Entrevistador: ¿Lo terminarías de leer?*
- *Alumno: No (Risas) O sea…Como que tiene…Son…Es muy largo…(…)*

b- <u>Ordenamiento del texto.</u>

El ordenamiento del texto, tal como se explicó en la sección 3.4.2 de la metodología, incluye los elementos sintácticos, la manera y el orden en que se presentan las diferentes partes del enunciado: ecuaciones, incisos, datos.
Los alumnos 3 y 9 indicaron que la manera en que se presentaron los datos en el enunciado obstaculizaba su comprensión porque no podían organizarlos fácilmente.

- *Alumno 3: (.....) De la forma en la que están acá no te sirve ninguno porque a todos le tenés que hacer alguna ecuación matemática para poder empezar…*
- *Entrevistador: Bien…*
- *Alumno 3: Con tiempo creo que si voy poniendo cada cosa que tengo y haciéndolo bien... Capaz que puedo llegar a resolverlo.*

- *Alumno 9: Sí, que de alguna forma la lectura del enunciado no es muy amena, es como que está un poco "apurada"… Yo soy ansioso, es cierto, pero va como un poco acelerada. Está llena de comas, muy poco espaciada, en especial al principio. Esteee… Y de alguna forma siento como que pide muchas cosas todas juntas. Además de que tira datos todos juntos, pide muchas cosas todas juntas. (…)Siento que a lo mejor se podría clasificar los datos que hacen falta para resolver a y, en base a eso, si tiene alguna relación el punto b con lo que se calculó en a, recién ahí poner los datos que hacen falta para b. Porque si no me siento como… Yo personalmente me siento como acosado por la cantidad de datos.*

En ambos casos existe una dificultad asociada a la presentación de los datos en el enunciado. No obstante, el alumno 9 sugiere, además, de qué manera se pueden acomodar los datos para mejorar su comprensión del enunciado, mostrando un mayor control metacognitivo del proceso de lectura. Tal y como expone Otero (1990) y sólo si el alumno sabe qué no ha comprendido y por qué, podrá llevar a cabo estrategias que le ayuden a mejorar esa comprensión. Así, el alumno 9 sugiere también que podría ordenar mejor los datos y las incógnitas para facilitar su comprensión.

- *Alumno 9: Bueno, por lo general leo un buen par de veces los enunciados…Y más éste que tiene muchos datos. Y a mí me gusta, personalmente, después de que leo reacomodar los datos por tipo ; o sea, si son datos termodinámicos, o de masa o de lo que sea…*
- *Entrevistador: ¿Y qué harías?*

- *Alumno 9: Recopiar los datos en la hoja en el orden que a mí me gusta, ehhhh…y clasificarlos, más o menos para ver más o menos de alguna forma las relaciones que tienen entre ellos, copiar las fórmulas sí o sí, la ecuación…*

El alumno 6, en cambio, expresó tener confusión acerca de la posición de las ecuaciones en el texto del enunciado 11. Como ya se explicó antes, en este enunciado se presentan varias ecuaciones; una de ellas, referida al proceso de producción del gas freón, se encuentra en las primeras líneas del texto. En la segunda parte se presenta el proceso químico de degradación del ozono por parte del gas freón en dos etapas; es decir, con 2 ecuaciones.

- *Entrevistador: ¿Qué parte del enunciado te genera confusión?*
- *Alumno 6: Sí…Las ecuaciones…No me gustan visualmente…*
- *Entrevistador: ¿Por qué?*
- *Alumno 6: No sé … Pero al momento de leerlas…Por ejemplo empiezo a leer el problema y no tengo la ecuación… Al leerla… Al principio ¿no? La leería al final.*

El alumno no explicita cuál de las ecuaciones es la que le confunde, aunque es probable que sea la reacción en dos pasos de la segunda parte, ya que son éstas las ecuaciones que aparecen "al final" del enunciado. Además, en general, en los enunciados de la guía no se utilizan procesos en dos pasos, por lo que sería esperable que generen cierta confusión al estudiante. Pareciera que este alumno no logra identificar las dos secciones del enunciado porque, de acuerdo a lo que expresa, la ecuación la tiene al final del enunciado y sin embargo al comienzo está la ecuación necesaria para resolver los dos primeros incisos.
El ordenamiento del texto, como ya se discutió anteriormente, incide en la elaboración del texto base y en la de la macroestructura, representaciones imprescindibles en la elaboración del modelo situacional del texto y por tanto en su comprensión.

c- <u>Presencia de distractores.</u>

Tal como ya se mencionó, en ninguno de los enunciados utilizados en esta investigación hay datos innecesarios que hayan sido colocados con el fin de confundir al estudiante. No obstante, algunos alumnos han informado haber encontrado este tipo de datos, y haber sentido que les causaban dificultades para comprender el enunciado. Como este indicador depende de la percepción personal del lector debe ser necesariamente informado por el alumno cuando lo detecta. Como ya se mencionó, no hay distractores en los enunciados propuestos; es decir, todos los datos planteados son necesarios en las distintas resoluciones, pero ello no significa que el alumno pueda percibir algunos fragmentos del texto como datos superfluos que obstaculicen su comprensión. En los resultados obtenidos con los datos del cuestionario la presencia de distractores no ha sido señalada como una dificultad frecuente. En el análisis en profundidad, tampoco. Sólo 2 de los alumnos entrevistados, el 3 y el 6 indicaron esta dificultad; es decir, que la mayoría de los alumnos que participaron en la investigación (en una u otra etapa) no detectaron datos superfluos en los enunciados que leyeron.

- *Alumno 3: Sí, lo que pasa es que son…Son muchos datos juntos y que ninguno te sirve.*
- *Alumno 6: Sí,… Los símbolos… Digamos…Los símbolos que no conozco…Que se me complica digamos para entender la… La ecuación digamos…o el significado…*
- *Entrevistador: ¿No saber los símbolos te "complica" algo más?*
- *Alumno 6: Y para calcular a lo mejor sí…Si los tengo que utilizar… Si no sé qué es esto y lo necesito…Acá no sé si lo necesito o no para calcular, pero si lo tendría que usar sin saberlo…No…No podría resolverlo.*
- *Entrevistador: Si pudieras cambiarle algo al problema ¿Qué sería?*
- *Alumno 6: Capaz que le sacaría la…Este dato que dice que dejó de utilizarse en los países del primer mundo, eso que da como…*
- *Entrevistador: ¿Por qué?*

- *Alumno 6: Porque no… No me sirve como dato… O sea… Teniendo el enunciado y la ecuación… Digamos eso…No… No lo necesito no le da interés para calcularlo…Para resolver el problema.*

Los alumnos 3 y 6 indican tener alguna dificultad con los datos superfluos. El alumno 3 simplemente dice que ningún dato sirve para la resolución, mientras que el alumno 6, en cambio, dice no poder discriminar cuál de los datos le sirve y cuál de ellos no. En ambos casos existen problemas para construir la macroestructura textual; es decir, que no pueden establecer las primeras relaciones correctas entre la información del texto y sus propios conocimientos. El alumno 6, no obstante, especifica mejor cuáles datos son los que le causan problemas; es decir, los símbolos (Ver símbolos utilizados como condiciones de reacción en el enunciado 11). Sin embargo, no puede discriminar entre la información innecesaria y la relevante para la resolución; tal como él mismo lo expresa, como no sabe lo que significan esos símbolos no puede darse cuenta de hasta qué punto le sirven o no.

Este último alumno señala además como irrelevante al texto introductorio del enunciado, que tiene como objetivo situar al lector en el contexto específico de la química ambiental donde el gas freón tiene particular relevancia como contaminante. El alumno 7 menciona algo similar con respecto al enunciado 6, indicando además que los datos superfluos confunden, aunque luego señala que no encontró datos de más en ese enunciado.

- *Entrevistador: Si pudieras cambiarle algo al problema… ¿Qué sería?*
- *Alumno 7: Y... En eso por lo general que uno lo intenta hacer a modo más ilustrativo…O sea el alumno…Pero eso presta también a muchísima confusión…Porque está bien que te den datos de más…Pero a veces uno no sabe qué hacer con tanta información.*
- *Entrevistador: ¿Encontraste en este enunciado algún dato extra?*
- *Alumno 7: ¡No! En este caso no. En este caso no porque son bien concisos: Óxido de calcio y agua. En este caso no.*

Según los resultados obtenidos en ésta investigación y aquellos aportados por Sánchez Giménez (1995) el uso de enunciados realistas, aunque resulten motivadoras para los alumnos, a veces producen confusión en ellos. Como expresa este mismo autor los enunciados de estos problemas suelen redactarse con preguntas indirectas, con muchos datos y sin especificar los pasos para resolverlo, precisamente para que el al alumno elabore estrategias de resolución utilizando los datos del problema que le parezcan relevantes. Los alumnos no están acostumbrados a trabajar con estos enunciados, por lo que seguramente y a pesar de hallarlos interesantes, serán para ellos difíciles de comprender y evitarán intentar su resolución.

d- Vocabulario científico. Uso de términos específicos.

Ya se ha discutido ampliamente la incidencia del lenguaje técnico sobre la comprensión del texto. Los resultados obtenidos a partir del cuestionario permitieron corroborar esta influencia, ya que muchos alumnos mostraron encontrar dificultades para entender los términos especializados en los enunciados. En las sesiones de razonamiento en voz alta pocos alumnos señalaron este indicador como problemático. Probablemente esto se deba a que al responder el cuestionario muchos alumnos indicaron como dificultades asociadas al vocabulario a aquellas referidas al desconocimiento de las fórmulas químicas. Durante el razonamiento en voz alta es posible discriminar mejor entre ambas situaciones.

Los alumnos que percibieron dificultades con el vocabulario tuvieron problemas diferentes:

Las dificultades se originaban en el desconocimiento de la palabra o en confundir la palabra con otra.

Los alumnos 6 y 5 que leyeron el enunciado 11 tuvieron problemas para entender el significado de los símbolos asociados a las ecuaciones químicas, referidos a la luz UV necesaria para que la reacción comenzase.

- *Alumno 6: Igual a otra…Estamos en la misma…hache ve… No sé qué será…Y…Ese símbolo tampoco.* (Refiriéndose a λ)

Otro ejemplo puede verse en el alumno 5:

- *Alumno 5: (…) Este fenómeno es…(murmura) según… la siguiente reacción… Ay…. Esto no sé ni lo que habla…Así que…*
- *Entrevistador: ¿Por qué?*
- *Alumno 5: No conozco hache ve (hv) ni esa otra letra griega que no conozco (*Refiriéndose a λ)*… Y bueno… Qué es lo que…Cl. es un radical libre que sirve de catalizador, no se consume ni se produce en la reacción.*

En ambos casos fueron los mismos alumnos quienes indicaron desconocer el significado de estos símbolos. El alumno 6 no intentó ninguna acción para subsanar esta falta de comprensión, si bien continuó leyendo, evidenció que no podía entender el mensaje del texto.

- *Alumno 6: (…) Mmmm… Bueno evidentemente no tengo idea de lo que está hablando acá, así que…*

El alumno 5, en cambio, también continuó con la lectura pero fue más allá, tratando de extraer el significado de las palabras desconocidas por el contexto.

- *Alumno 5: Bueno…Me dice que el ce ele punto ése no…Interviene…No… se consume ni se produce, así que…No lo tendría en cuenta. Y…Cuántos kilos de ozono se descompondrían en oxígeno con la cantidad obtenida en el inciso a… Y tendría que hacer… También acá…O sea…*Estequiometría *…Tendría que ver las relaciones y calcular el ozono que me piden.*

Puede verse que, si bien no logra hacerse con el significado completo de los símbolos, se da cuenta de que el radical cloruro no interviene en el proceso y, por lo tanto, no constituye un obstáculo en la resolución. Luego establece que debería utilizar relaciones estequiométricas para resolver el enunciado, lo cual constituiría el procedimiento correcto. Esto muestra que aún desconociendo el significado de los símbolos referidos a las condiciones de reacción, el alumno comprende que no son imprescindibles para la resolución. En otras palabras, empleó una estrategia de comprensión muy conocida y citada por varios autores (Otero, 1990; Téllez, 2005, McNamara, 2004) la cual consiste en que, al encontrar una palabra desconocida, el buen lector intentará obtener el significado por el contexto y si no logra hacerlo continuará con la lectura de todos modos, viendo tal vez que esa palabra no era clave para la comprensión del mensaje global del texto.

e- Formulación química.

Las dificultades con la formulación química han sido señaladas con mucha frecuencia por los alumnos que respondieron al cuestionario, tal como puede verse en la discusión de los resultados generales y estratificados de los mismos. No obstante y como ya se ha expuesto en el marco teórico, esto no constituye sólo un problema de vocabulario, sino algo más complejo, ya que una fórmula química puede ser interpretada desde todos los niveles macroscópico, nanoscópico y simbólico de representación. Su significado, entonces, depende mucho del contexto del texto y del conocimiento previo que tenga el alumno respecto del tema para poder asignar el sentido correcto a la fórmula planteada.

Los estudiantes que participaron del estudio en profundidad exhibieron también problemas en la comprensión de algunas fórmulas químicas planteadas en los enunciados.

La alumna 4 muestra dificultades para entender las fórmulas químicas utilizadas en el enunciado, a pesar de que en el mismo se ofrecen las fórmulas de los compuestos participantes.

- *Entrevistador: ¿Hay algo que no entiendas bien en ese enunciado?*
- *Alumna 4: En realidad…Bueno… La fórmula…No sé sacar qué compuestos me lo determinan al compuesto…Pero…*

Y más adelante aún

- *Entrevistador: Y si pudieras agregarle algo que te ayude…*
- *Alumna 4: Los nombres de los compuestos…*
- *Entrevistador: El nombre solamente…*
- *Alumna 4: El nombre del compuesto y… No, el nombre….*

La alumna 4 manifiesta necesitar conocer el nombre de los compuestos para mejorar su comprensión aunque esta información no sería necesaria para resolver la pregunta planteada en el enunciado. Pareciera que conocer los nombres de los compuestos podría proporcionarle un esquema mental en el cual encajar la información del texto; en otras palabras, al tener nombre esas fórmulas serían una sustancia concreta y no un simple símbolo. Recuérdese toda la información implícita que una fórmula química puede tener para el experto pero que no siempre resulta accesible para el estudiante..

El alumno 5 manifiesta tener dificultades para la interpretación de las fórmulas químicas que encuentra en el enunciado 11 y comienza leyéndolas incorrectamente, aunque luego al avanzar la lectura encuentra los nombres correspondientes y logra comprender el texto. Lo mismo sucede con el alumno 6.

- *Alumno 5: (…) Sacar cuántos kilogramos voy a necesitar para fabricar tres moles de…de … ¡Qué sé yo!... Carbono…Cloruro cuatro… Para también saber cuántos ehhh… ¿Qué es eso de ahí? Sb… flúor tres…Triufluoruro de antimonio…. ¿Qué más? Bueno… La masa que se va a poder formar como máximo va a depender del…Tetracloruro de carbono yyyy…La masa de reactivo que sobrará va a ser el… el… exceso que, digamos, va a sobrar…*

- *Alumno 6: El freón 12, gas empleado en refrigeración se prepara por la reacción del 3 …¿? Se mezclan quince cincuenta kilos de Ce Ce ele cuatro, tetra cloruro de carbono, con 100 kilos de ese efe tres, trifluoruro de antimonio calcule… Qué masa de…Esto sería…Ah… Freón… Puede formarse como máximo. Como máximo…Ehhhh…ciento cincuenta kilos de uno, cien del otro y la relación de… tres más dos, digamos…Formarían tres… un hidróxido o un óxido…*

La alumna 1 comienza a leer y apenas encuentra la fórmula del sulfato de amonio duda y la lee literalmente letra por letra.

- *Alumna 1: Se obtuvieron 27,216 toneladas de … Ehhh…enehache cuatro Ehh…, Sulfato… bueno…Sulfato de amonio como fertilizante según la siguiente ecuación.*

Luego logra hacerse con el nombre del compuesto y puede continuar con la lectura. En este caso el enunciado no especifica el nombre sino que la alumna lo ha deducido a partir de la fórmula, lo cual da indicios de que sabe nomenclatura química.

En todos estos casos la relación entre la fórmula química y el nombre del compuesto parece primordial para la comprensión. La dificultad parece estar en la inferencia que deben hacer los alumnos para deducir el nombre a partir de la fórmula. Quienes leyeron el enunciado 11 intentaron inferir los nombres, pero como éstos estaban en el enunciado un poco más adelante, no necesitaron hacerlo. Una vez que los alumnos logran conocer los nombres asociados a las fórmulas, su comprensión mejora, hecho que se evidencia en que logran continuar leyendo y hasta explicitar relaciones conceptuales adecuadas para el enunciado.

La solución a estas dificultades pareciera ser entonces colocar los nombres de los compuestos acompañando a cada fórmula química planteada en los enunciados. Esto, sin embargo, no es una solución satisfactoria, ya que uno de los objetivos de la materia es que el alumno logre manejar el lenguaje de la química y sus significados, objetivo que incluye por supuesto la capacidad de

inferir un nombre a partir de la fórmula química correspondiente. Tal vez sería mejor insistir en la enseñanza del lenguaje de la química, incluyendo actividades que ayuden en su aprendizaje y que promuevan su utilización frecuente por parte del alumno.

f- Ausencia de conocimientos previos o conocimientos previos incompletos o fragmentados.

Éstos son los indicadores señalados con más frecuencia por los alumnos que respondieron al cuestionario, denotando la importancia para el lector de contar con esquemas relevantes de conocimiento sobre los cuales se puede construir el modelo situacional del texto.

Los conocimientos previos impregnan a todos los indicadores de la categoría referida al contenido y también a los de los procesos de resolución, por lo cual es difícil discriminar en los razonamientos de los alumnos cuándo están teniendo dificultades con ellos, salvo que sean ellos mismos quienes lo indiquen de manera explícita. Tal es el caso de la alumna 1 que refiriéndose al enunciado dice:

- *Alumna 1: No…Por ahí me confunde un poco…La…El hecho de que da acá el valor en toneladas y eso… Pero es por el hecho de que también yo no tengo bien los conceptos…Bien estudiados… Pero creo que es por eso…No sé….*

La alumna 4 también expresa algo parecido:

- *Entrevistador: Si pudieras cambiarle algo al problema para hacerlo más comprensible para vos qué le cambiarías.*
- *Alumna 4: Mmmm…No, me parece que se entiende el problema, se entiende bien lo que pide el problema, me parece que tenés que saber los conceptos más que…*

El alumno 7 en tanto, manifiesta:

- *Entrevistador: ¿Hay algo en el problema que te haya "hecho ruido"?*
- *Alumno 7: Ehhhh… Sí. Cuando uno lo lee y no está bien… Digamos no sabe tanto del tema, le es confuso que… Eh, a ver… No entiende la relación… Qué tendría que usar con el óxido de calcio al principio…Uno no entiende la* estequiometría *que habría que hacer en un principio.*

Los demás estudiantes que participaron en esta etapa del estudio no manifestaron de manera explícita tener dificultades por la falta de conocimientos previos. El investigador tampoco detectó estas dificultades en los demás alumnos que participaron del estudio en profundidad.
Como se explicó en la sección 4.3.5. de Metodología, los estudiantes que participaron en el estudio en profundidad lo hicieron 2 ó 3 semanas después de que se tomó el cuestionario masivo a toda la población de alumnos que cursaban la materia. Es decir, que los alumnos entrevistados ya habían asistido a 2 ó 3 clases posteriores a la fecha de realización del cuestionario. Es lógico que en el transcurso de esas clases hayan adquirido algunos conocimientos de estequiometría y que este indicador haya perdido sensibilidad en cuanto a su incidencia en la comprensión lectora.

g- <u>Escritura de ecuaciones químicas.</u>

Tal y como se ha discutido ya en el marco teórico, la escritura e interpretación de una ecuación química es un proceso complejo, el cual requiere que el alumno domine las reglas y convenciones utilizadas para ello. El desconocimiento de alguna de estas normas influirá negativamente en su comprensión, como se ha visto en la discusión de los datos obtenidos en el cuestionario.

Entre los enunciados utilizados para esta investigación había algunos en los que el alumno debía plantear la ecuación química y había otros que incluían la ecuación correspondiente al proceso planteado. En el primer caso podemos suponer que la dificultad será mayor puesto que es el alumno quien debe construir la ecuación aplicando las correspondientes reglas y convenciones para hacerlo y luego relacionarla con los datos aportados; mientras que si la ecuación está explicitada en el enunciado, sólo debe interpretarla (además de relacionarla con los datos). En cualquiera de los dos casos esto afectará a la elaboración de la macroestructura textual y del modelo situacional planteado en el enunciado, ya que la ecuación química es la primera representación gráfico-simbólica del proceso que provee el esquema conceptual necesario para los demás cálculos.

En los transcriptos analizados se identificaron alumnos que mencionaron dificultades tanto en los casos en que necesitaban plantear la ecuación "de novo" como en aquellos en que tenían problemas para decodificar la ecuación escrita en el texto dado.

La alumna 4 trabajó con un enunciado en el que era necesario construir la ecuación química y manifestó explícitamente tener dificultades para deducir los productos de la ecuación a partir de los reactivos. No obstante, en el mismo enunciado se aclaraban cuáles eran los productos de la reacción, de modo que el alumno sólo tenía que escribir la fórmula correspondiente, no deducirla.

- *Entrevistador: ¿Hay algo que te "haga ruido" en ese enunciado?*
- *Alumna 4: En realidad…Bueno… La fórmula…No sé sacar qué compuestos, me lo determinan al compuesto…Pero…*
- *Entrevistador: ¿Algo más?*
- *Alumna 4: No…No, en realidad…Eh…No sé bien si… Cómo del primer compuesto con el segundo van a dar esto. Esteee….*

El alumno 5, en tanto, manifestó dificultades en relación a las ecuaciones de degradación del ozono del enunciado 11. En él se explicitan las ecuaciones balanceadas para el proceso, pero tal como se discutió en la sección 4.2.2., la presentación de un proceso químico representado en dos pasos (es decir, dos

ecuaciones consecutivas) es poco familiar para los alumnos, ya que no saben cómo utilizar estos sistemas de ecuaciones. A ello se suman los símbolos que representan las condiciones de reacción; es decir, la luz ultravioleta necesaria para que la reacción ocurra. El alumno manifiesta que no sabría qué hacer con estas ecuaciones aunque las tiene en el enunciado.

- *Alumno 5: Y bueno, las reacciones que me está dando tampoco las…Las ecuaciones químicas tampoco las conozco…No sabría deducir… Ni siquiera tengo la más mínima idea de cómo calcular…*

h- Herramientas matemáticas.

En las sesiones de razonamiento en voz alta no se pide a los alumnos que solucionen el enunciado planteado, sino tan solo que manifiesten en voz alta lo que piensan a medida que leen, por lo cual difícilmente se pueda evaluar, a partir de sus dichos, el grado de dificultad que tienen con las herramientas matemáticas, a no ser que lo digan de manera explícita. No obstante, ninguno de los alumnos entrevistados manifestó tener dificultades de comprensión relacionadas con las herramientas matemáticas necesarias para resolver los enunciados. Más aún, algunos de ellos explicitaron cuáles debían ser estas herramientas, como por ejemplo el alumno 2 y la alumna 4.

- *Alumno 2: Después te pide calcular el número de moles que hay en los diez gramos…O sea podemos hacer una regla de tres simple. Sí… Si…Hacemos un regla de tres simple con los datos que nos dieron primero.*

- *Alumna 4: Y tendría que… Ver, digamos, el peso molecular de cada sust… de cada compuesto… Y… Eh… Después sacar el peso del comp… Peso molecular del compuesto que me pide y hacer una regla de tres, digamos…*

Como puede observarse, ambos mencionaron que para resolver debían utilizar regla de tres; es decir, el cálculo con proporciones.

Lo que pudo detectarse en forma más general entre los alumnos que participaron en esta parte de la investigación fue que exponían planes de resolución en los cuales incluían, explícita o implícitamente, las herramientas matemáticas y otras relaciones conceptuales y procedimentales necesarias para resolver el enunciado. Estos procesos forman parte del modelo situacional ya que el alumno sólo logrará su construcción cuando entienda de qué manera se relacionan las distintas variables propuestas en el texto, las relaciones conceptuales que las vinculan y los procedimientos que les permitirán manipularlas. Sólo cuando estas relaciones y procedimientos puedan ser representados correctamente en la mente del lector, éste logrará la comprensión acabada del enunciado.

El alumno 7, por ejemplo, expresó un plan de resolución correcto, en el cual exponía relaciones conceptuales y procedimentales acertadas y relevantes al problema.

- *Alumno 7: Me dan como dato el óxido de calcio que es la cal viva que dice acá. Ehhh… Y me… preguntan…Ehhh….Bah, me siguen diciendo que para utilizarla en la construcción se debe previamente apagar con agua y se entiende…*
- *Entrevistador: ¿Qué cosa?*
- *Alumno 7: Habría que usar el óxido de calcio con el agua para ver qué se obtiene. Entonces… Como dice la pregunta: ¿Qué compuesto químico se obtiene en este proceso tan común? Plantear la ecuación…Habría que plantear la ecuación con óxido de calcio y el agua y ver qué se obtiene de ahí. Esteee… Cuántos kilogramos de cal apagada podrían obtenerse por el tratamiento…Con agua en exceso de una bolsa de cal viva…Bueno al sacar la…La ecuación ya balanceada, uno tiene el óxido de calcio, le podría sacar el peso atómico… Y…Como acá te dan los veinte kilogramos hacer la regla de tres.*

Al final de su primera intervención el alumno dice que "se entiende" el enunciado, y podemos suponer que realmente comprende lo que lee porque el plan de resolución que explicita es correcto, de manera que es probable que el modelo situacional que construyó se corresponda con el mensaje del texto del enunciado.

El alumno 8, en cambio, plantea un plan de resolución para la segunda parte del enunciado 11, pero como no advierte que el dato que necesita es la solución del primer inciso del enunciado, el plan que delinea es erróneo. Por ejemplo, habla de calcular un reactivo limitante cuando en este enunciado no es necesario.

- *Alumno 8: Porque yo tengo, acá y obtuve una masa de…Yo no tengo… Yo no tengo la masa del ozono, cuántos kilos de ozono se descompondrían (bajando la voz)… Esa parte no sé cómo la haría… Si yo puedo… Si yo pudiera sacar de acá la reacción de cuánto… De cuánto ozono tuviera, a un setenta y cinco por ciento de… Ah, no, del inciso a me dice. Bueno, si yo pudiera sacar la masa de ozono, o sea de o tres que yo tengo acá en el inciso a, podría decir: con tanta masa, se descompone tanto en oxígeno molecular… Con tanta otra masa que serían ehhh…Claro, con tanta otra masa que sería la que yo pude formar como máximo según el reactivo limitante y en exceso voy a tener tantos, tantos kilos de ozono.*
- *Entrevistador: ¿Qué partes del enunciado te resultaron complicadas de entender?*
- *Alumno 8: Esta parte, el inciso b. Porque no hay forma de encontrar una relación lógica como para poder armar una regla de tres o alguna fórmula que me relacione… que yo de la fórmula general de donde tengo que sacar el reactivo limitante y el exceso…*

El alumno 5, en tanto, manifiesta no saber ni siquiera cómo empezar; es decir, que no puede esbozar un plan de resolución aunque dice conocer las herramientas matemáticas que necesita.

- *Entrevistador: ¿Y ahora en qué estás pensando?*
- *Alumno 3: Eeeenn…Cómo hacer…Cómo resolver el problema…O sea…*
- *Entrevistador: ¿Y no podés seguir leyendo?*
- *Alumno 3: ¿Qué?*
- *Entrevistador: O sea te quedaste trabado pensando cómo resolver…*
- *Alumno 3: Sí, cómo resolver y como que ya no importa adelante…*
- *Entrevistador: Seguí leyendo…*
- *Alumno 3: (Pausa, el alumno no habla)*
- *Entrevistador: ¿Y ahora?*
- *Alumno 3: Y ahora estoy pensando cómo voy a hacer para empezarlo…No se me ocurre cómo empezarlo.*
- *Entrevistador: ¿Conocés qué operaciones matemáticas deberías hacer?*
- *Alumno 3: Sí, lo que pasa es que son…Son muchos datos juntos y que ninguno te sirve.*

i- <u>El uso de unidades.</u>

Este indicador forma parte de los procesos de resolución porque los datos proporcionados en el enunciado que serán utilizados en la resolución son cantidades físicas que representan magnitudes y que por lo tanto van acompañadas de unidades. Este indicador forma parte de los procesos de resolución porque los datos proporcionados en el enunciado, que utilizados en la resolución son cantidades físicas que representan magnitudes, y que, por lo tanto, van acompañadas de unidades.

La alumna 1 manifiesta tener dificultades con las unidades en que se expresan las cantidades propuestas en el enunciado, sugiriendo que habiendo leído antes ese mismo enunciado no había podido resolverlo por la dificultad que le planteó el volumen expresado en metro cúbico, así como la masa expresada en toneladas.

- *Alumna 1: No…Porque en realidad… Cuando rendimos este parcial…Este problema yo no lo pude hacer porque no pude pasar acá lo de metro…Eh… cúbico…Eso no la había podido resolver.*
- *Entrevistador: Aha. Bueno*
- *Alumna 1: Lo único…Pero…Digamos…La idea de cómo resolverlo…Emm…Por ahí me confunde un poco…La…El hecho de que da acá el valor en toneladas y eso…*

Aquí la alumna no puede encontrar las equivalencias para transformar los metros cúbicos en litros y las toneladas en gramos; es decir, las unidades con las que debe relacionar luego la cantidad de sustancia.

Mención aparte merece la confusión entre las magnitudes y unidades relacionadas con los conceptos estequiométricos; es decir, la cantidad de sustancia y su unidad el mol, la unidad de masa atómica y la masa absoluta en gramos. En el marco teórico se ha discutido acerca de las confusiones que estos conceptos provocan en los alumnos. El alumno 2 efectivamente los confunde aunque no es consciente de ello.

- *Alumno 2: Después la masa de una molécula expresada en gramos…Eso sí se puede hacer…Por…Por* estequiometría *…Ehhh puede ser cuando expresamos la masa de una molécula en gramos…Ehhh…Podemos expresarla en u.m.a., unidad de masa atómica y si no en moles también. Con los moles podemos sacar los gramos…*

Es evidente que el alumno confunde los moles; es decir, la cantidad de sustancia con la masa de una sola molécula.

4.2.3. Análisis de las acciones realizadas por los alumnos durante la lectura.

Como ya se explicó en la sección de la metodología, el análisis de las sesiones de razonamiento en voz alta dio lugar a una nueva categoría referida a las acciones que realizaban los alumnos durante la lectura. De todos estos actos se enfocó la atención en aquellas acciones relacionadas con la comprensión lectora, acciones que se disparan ante la falta de comprensión.

a- Lectura interrumpida.

La alumna 1, el alumno 3 y el alumno 5 interrumpen su lectura al comenzar. Es decir, que al leer en voz alta titubean y se interrumpen repetidamente exhibiendo dificultades en el procesamiento superficial del texto; o sea, en el acceso al léxico, el parsing sintáctico y/o la construcción de microproposiciones.

- *Alumna 3: Si…Ehhh…Dice: Si se utilizaron nueve…nueve mil quinientos Ehhh…metros cúbicos de amoníaco…Ehhh…De amoníaco medidos a cero grados y una atmósfera de presión calcule…la masa…del sulfato de amonio que se debería haber obtenido a partir de ese volumen si la reacción fuera total. (Pausa) Emmmm…Entonces yo acá, lo que haría (Pausa) es …*
- *Alumno 5: Bueno, ehhhh… Lo que tengo que hacer… Prácticamente lo que estoy pensando hacer acá es…Bueno… Sacar cuántos kilogramos voy a necesitar para fabricar tres moles de…de … ¡Qué sé yo!... Carbono…Cloruro cuatro… Para también saber cuántos ehhh… ¿Qué es eso de ahí? Sb… flúor tres….Triufluoruro de antimonio…. ¿Qué más? Bueno… La masa que se va a poder formar como máximo va a depender del…Tetracloruro de carbono yyyy… La masa de reactivo que sobrarán va a ser el… el… exceso que, digamos, va a sobrar… Digamos de la reacción que se va a formar entre esos dos. Una vez que la reacción termina…Prácticamente… ¿Con qué otra pregunta?*
- *Alumno 3: Pienso en la fábrica…Porque acá me dice, dice que me recomiendan que en la galleta horneada permanezca un residuo de*

cero coma siete por ciento en peso…de cremor tártaro. Y acá me dicen que cada cien gramos de cremor tártaro…Ehhh. Dice que cada cien gramos contiene veinte gramos de, de cremor tártaro y ochenta gramos de leche descremada. Y…Pensando…Ahora se me vino cómo hacía para… Para, para preparar ehh… los cero coma siete gramos de…(Pausa)

En el caso de la alumna 1 sus dificultades parecen originarse en el acceso al léxico ya que duda ante las fórmulas químicas que debe nombrar cuando lee y ante el uso de una unidad poco familiar como son los metros cúbicos.

El alumno 5 también tiene problemas con el acceso al léxico, no puede nombrar los compuestos cuyas fórmulas están en el texto, aunque también parece encontrar problemas con la sintaxis ya que al leer los distintos incisos del problema los mezcla entre sí, de modo que lo que expresa no es coherente.

El alumno 3 se detiene ante el nombre del compuesto "crémor tártaro", expresión poco familiar, ya que se trata del nombre trivial de un compuesto orgánico. Esto constituye también una falla en el acceso al léxico ya que el lector no ha identificado la expresión. Luego vuelve a detenerse cuando detecta la expresión de la composición porcentual de la mezcla con leche descremada. Aquí pareciera que el alumno activa el esquema mental de las unidades de concentración para soluciones pero con un soluto sólido y uno líquido. La situación que se le presenta en el enunciado son dos componentes sólidos de una mezcla. En este proceso inferencial encuentra incoherencia entre su esquema y el texto, mostrando un nivel de procesamiento más profundo que el acceso al léxico. No obstante no puede construir una microproposición adecuada para este concepto.

Puede verse que las interrupciones se relacionan con fallas en la elaboración de las representaciones más superficiales del texto. El alumno lee y debe construir el significado a la vez; de manera que si alguno de los eventos necesarios en la construcción del texto base no está lo suficientemente automatizado, el lector detectará una falla en la comprensión y deberá realizar alguna acción para corregirla. Esto implica la mayoría de las veces interrumpir la lectura.

b- Relectura.

La relectura de un pasaje del texto es una estrategia cognitiva aplicada por el lector para corregir una falta de comprensión (Téllez, 2005). Evidentemente mediante el monitoreo metacognitivo de la lectura, primero debe detectar que no ha comprendido el texto para luego de manera consciente volver a leer el pasaje en cuestión.

Ninguno de los alumnos que hicieron el razonamiento en voz alta releyó el texto de manera explícita y en voz alta. Es probable que no intentaran la relectura por avanzar en el enunciado. Si bien la entrevistadora no puso límites en los tiempos asignados a las sesiones los alumnos participantes parecían querer finalizar rápidamente con la tarea sin detenerse demasiado en las partes en que encontraban alguna dificultad.

Cabe mencionar dos pasajes relevantes, uno expresado por el alumno 5 y, otro, por el alumno 9. El alumno 5 no comprende buena parte del enunciado que se le ha asignado. La entrevistadora le pregunta acerca de lo que haría con ese enunciado que no comprende ante lo cual responde que directamente lo saltearía, pasando al enunciado siguiente.

- *Entrevistadora: ¿Cuál fue tu reacción cuando viste que no entendías?*
- *Alumno 5: Mmmm. Sorprendente, digamos… No sabía de lo que me estaba hablando el problema.*
- *Entrevistadora: ¿Y qué hubieras hecho?*
- *Alumno5: Saltar al problema siguiente.*

El alumno 9 en un momento dejó de hablar y, ante la intervención de la entrevistadora, aclaró que estaba releyendo el texto manifestando además que habitualmente recurre a la relectura para mejorar su comprensión.

- *Entrevistadora: ¿Por qué te quedaste callado?*
- *Alumno 9: Bueno, por lo general leo un buen par de veces los enunciados…Y más éste que tiene muchos datos.*

Está claro que, a pesar de ser un recurso útil para mejorar la comprensión lectora (Martín Hernández, 2010; Téllez, 2005), la relectura no es usada por estos estudiantes, con excepción del alumno 9. Es evidente que la meta de la lectura influye sobre la comprensión. Tal como lo expresan Ochoa y Aragón (2005), si estos alumnos sólo leían por compromiso sin involucrarse demasiado con la tarea, por más que detectaran fallas en su comprensión, no podrían en juego estrategias para mejorarla. Estos mismos autores exponen el dato de un alumno que, a pesar de manifestar su falta de comprensión, expresó sus deseos de acabar con la tarea para retirarse rápidamente.

c- Paráfrasis

El parafraseo del texto también constituye una estrategia cognitiva que mejora la comprensión del lector. El texto verbalizado en la paráfrasis ha sido procesado por la mente del lector quien lo reformula utilizando expresiones propias ; es decir, sus propios conocimientos previos. En algunos casos puede ser que el lector comprenda mejor el mensaje expresado con palabras más familiares para él. El parafraseo es una buena evidencia de que el lector ha comprendido el texto leído (Requena, 2003; Téllez, 2005).
El alumno 2, el alumno 5 y el alumno 9 recurren a la paráfrasis de algunos pasajes del texto para mejorar su comprensión.

- *Alumno 2: (Lee el problema en voz baja para sí) O sea…Para mí éste es un problema donde hay que aplicar* estequiometría *. Ehhh…En el que te dan la masa de…Un compuesto AB que…O sea…Es generalizado el compuesto…O sea…No está hablando de un compuesto en particular y…te da la cantidad de moléculas que hay en ese compuesto…En esa cantidad de materia que tiene el compuesto…O sea 10 gramos.*

- *Alumno 5: Si el rendimiento fuese de un setenta y cinco por ciento qué volumen en condiciones naturales de presión y temperatura se obtendrán… Si fuese de un setenta y cinco por ciento en las condiciones normales de presión y temperatura obviamente va a ser mucho mayor el… el…volumen que vamos a necesitar para formar lo que queremos…Pero el que se va a formar con la misma cantidad que el que me está pidiendo acá va a ser muy…va a ser un veinticinco por ciento menos… Digamos…De lo que… De lo que nos dicen.*

- *Alumno 9: Emm… La (murmurando) En la elaboración industrial de galletas es común que se agreguen y la fórmula…Estoy tratando de ver…No hay masas, no sé si…Me dice es común que se agregue tanta cantidad de…y tanta cantidad de bicarbonato de sodio (murmurando)*

El alumno 2 y el alumno 9 lograron comprender los enunciados con los que trabajó cada uno. El alumno 5, en cambio, si bien logra reexpresar con sus palabras la idea de ese pasaje del texto, falla en otros puntos, por lo que no llega a comprender completamente el enunciado.

d- <u>Expresa relaciones conceptuales y procedimentales en un plan de resolución.</u>

Como ya se expuso, la elaboración de un plan de resolución correcto por parte del alumno evidencia que éste ha comprendido el enunciado, no sólo en cuanto a su mensaje coloquial sino a las relaciones formales que vinculan los datos numéricos (modelo del problema) que, eventualmente, le permitirán resolverlo y dar una respuesta a la demanda que le propone el texto.

De los 9 alumnos que participaron en las sesiones de razonamiento en voz alta sólo 2 no explicitaron ningún plan de resolución, éstos son el alumno 3 y el 5. Ellos sólo leyeron el enunciado sin expresar interpretaciones del mismo, ni relaciones conceptuales entre los datos e incógnitas. Es de suponer que sólo

han logrado construir representaciones superficiales ya que no pudieron encajar ni la forma del problema ni los datos presentados en esquemas mentales adecuados que les permitiesen elaborar las representaciones de alto nivel para poder expresar un plan de resolución (macroestructura, modelo situacional o modelo del problema).

- *Entrevistador: ¿Y ahora en qué estás pensando?*
- *Alumno 3: Eeeenn…Cómo hacer…Cómo resolver el problema…O sea…*
- *Entrevistador: ¿Y no podés seguir leyendo?*
- *Alumno 3: ¿Qué?*
- *Entrevistador: O sea, te quedaste trabado pensando cómo resolver…*
- *Alumno 3: Sí, cómo resolver y como que ya no importa adelante…*
- *Entrevistador: Seguí leyendo…*
- *Alumno 3: (Pausa)*
- *Entrevistador: ¿Y ahora?*
- *Alumno 3: Y ahora estoy pensando cómo voy a hacer para empezarlo…No se me ocurre cómo empezarlo.(…) Y bueno, las reacciones que me está dando tampoco las…Las ecuaciones químicas tampoco las conozco…No sabría deducir… Ni siquiera tengo la más mínima idea de cómo calcular…*

El alumno 6 y el alumno 8 expresaron planes de resolución incompletos, ambos referidos al enunciado 11. En el análisis de los datos arrojados por el cuestionario, los alumnos señalaron dificultades con la estructura textual para este mismo enunciado (ver sección 4.2.2), lo cual concuerda con los hallazgos en esta etapa de la investigación. Los alumnos no encuentran el nexo conceptual entre las dos partes del enunciado, probablemente porque su estructura pareciera corresponder a dos enunciados independientes. No obstante, en este enunciado, para resolver la segunda parte es necesario el dato calculado en la primera.

En el caso del alumno 6 pudo construir el plan de resolución de la primera parte, pero no el de la segunda

- *Alumno 6: (Refiriéndose a la primera parte) Tiene que haber una relación entre las masas y los…De cada…De cada reactivo y la masa del producto…*
- *Entrevistadora: ¿Y cuando lees los incisos?*
- *Alumno 6: ¿Éstos?*
- *Entrevistadora: Sí.*
- *Alumno 6: A ver…Qué masa de reactivo sobrarán una vez que la reacción termine…Ehhh… Y bueno…Únicamente que tiene que sobrar una masa de un reactivo…Hay como un reactivo que va a sobrar una porción de masa…Al final…De la reacción.*
- *Ehhh…Si el rendimiento fuese 75%... Qué volumen en condiciones normales de freon-12 se obtendrán. Ehhh… Y ahí podría sacar una…O sea calcular los datos que me da esto del 75% … dé puedo calcular el volumen del… del freón.*

Más adelante el alumno 6 expone su incapacidad para exponer un plan de resolución.

- *Alumno 6: (Refiriéndose a la segunda parte del enunciado) Y para calcular a lo mejor si…Si los tengo que utilizar… Si no sé qué es esto y lo necesito…Acá no sé si lo necesito o no para calcular, pero si lo tendría que usar sin saberlo…No…No podría resolverlo.*

El alumno 8 plantea un plan de resolución para ambas partes del enunciado, no obstante el plan que expone para la segunda parte no es correcto ya que no encuentra el dato que necesita y que, justamente, es el resultado de la primera parte.

- *Alumno 8: (.....) Ahí se me ocurre que hay que… sacar la parte de… reactivo limitante, reactivo en exceso… Ver eso… Y después… Hay que calcular con… regla de tres simple, por ejemplo, si yo tengo tanta masa de tetracloruro de carbono Ehhh… Claro, después sacar ehhhh…. Reactivo limitante, reactivo en exceso, saco con el reactivo limitante,*

supongamos que es el tetracloruro de carbono, tanta masa de tetracloruro de carbono con tanta masa, si tengo ciento cincuenta kilogramos voy a obtener tanta masa ¿No? En ese caso. Bueno. Qué masa y qué reactivo sobrará una vez que la reacción, que la reacción termine. Bueno, qué reactivo sobrará, yo tengo que hacer el…reactivo en exceso; es decir, entre la diferencia entre lo que se usó y lo que tenía en total y bueno, ahí tengo la masa en moles o en gramos, depende de cómo quiera. Si el rendimiento fuese un setenta y cinco por ciento, qué volumen en condiciones normales de… de presión y temperatura e freón-12 se obtendría. Bueno, todo esto si supongo que la reacción es al cien por cien y al setenta y cinco por ciento… Un veinticinco por ciento menos obtengo. Bueno, y…Después tengo que hacer la… Ahí dice el rendimiento, te habla de un setenta y cinco por ciento…Ehhh… Si el rendimiento está al cien por cien…Yo tengo que hacer, por ejemplo, son dos moles, hago dos por veintidós coma cuatro litros y bueno… Ennn… Al cien, en setenta y cinco voy a tener tanto volumen…

En la segunda parte no puede establecer las relaciones entre los resultados que podría obtener de la primera parte y las nuevas incógnitas que le plantea el enunciado. A su vez manifiesta que necesita la cantidad de ozono, cuando en realidad el dato que requiere es la cantidad de freón que degradará al ozono y que se obtuvo en la primera parte.

- *Alumno 8: Porque yo tengo, acá y obtuve una masa de…Yo no tengo… Yo no tengo la masa del ozono, cuántos kilos de ozono se descompondrían (bajando la voz)… Esa parte no sé cómo la haría… Si yo puedo… Si yo pudiera sacar de acá la reacción de cuánto… De cuánto ozono tuviera, a un setenta y cinco por ciento de… Ah, no, del inciso a me dice. Bueno, si yo pudiera sacar la masa de ozono; o sea, de o tres que yo tengo acá en el inciso a, podría decir: con tanta masa, se descompone tanto en oxígeno molecular… Con tanta otra masa que serían ehhh…. Claro, con tanta otra masa que sería la que yo pude*

formar como máximo según el reactivo limitante y en exceso voy a tener tantos, tantos kilos de ozono.

El alumno 9 fue un caso especial ya que, si bien no explicitó un plan de resolución concreto para el enunciado 9, explicó de qué manera lo elaboraría.

- *Alumno 9: Bueno, por lo general leo un buen par de veces los enunciados…Y más éste que tiene muchos datos. Y a mí me gusta, personalmente, después de que leo reacomodar los datos por tipo; o sea, si son datos termodinámicos, o de masa o de lo que sea…*
- *Entrevistadora: ¿Y qué harías?*
- *Alumno 9: Recopiar los datos en la hoja en el orden que a mí me gusta, ehhhh…y clasificarlos, más o menos para ver más o menos de alguna forma las relaciones que tienen entre ellos, copiar las fórmulas sí o sí, la ecuación… Esteeee, copiar… O sea, no copiar la res… No copiar la pregunta en sí, pero copiar con un signo de pregunta, por ejemplo masa, signo de pregunta, si fuera que te pide la masa de algo. Esteeee. Por eso a mí me resulta más fácil cuando los datos vienen ordenados, por ejemplo si me dice…Bueno, según la masa….Ta ta ta, está toda la masa, toda la temperatura, todos los volúmenes, todo junto.*

La extensión y la cantidad de datos expuestos en ese enunciado pueden sobrecargar la memoria operativa, que entonces requeriría de algún elemento extra, tal como el lápiz y el papel para poder procesar la información. Cuando el alumno manifiesta que volvería a copiar los datos y que luego trataría de buscar las relaciones entre ellos, además de identificar la incógnita, justamente está buscando ampliar la capacidad de su memoria operativa mediante los objetos de la escritura para poder construir el modelo del problema. Si bien no lo hizo en la sesión, se mostró seguro de poder resolver el enunciado si tuviera que hacerlo.

En general, puede observarse que los indicadores empleados en el cuestionario siguen siendo sensibles para detectar las dificultades de la lectocomprensión en

estos alumnos. Todos los indicadores utilizados aparecieron en las sesiones de razonamiento como fuentes de dificultad, con excepción del indicador referido a los conocimientos previos. Esto se ha explicado durante la discusión y se relaciona al momento en que fueron tomados los registros, semanas después de efectuado el cuestionario.

Un punto importante a destacar es que durante las sesiones el alumno participante no tenía ninguna guía previa para explicar su falta de comprensión. El cuestionario fue un instrumento estructurado en donde el estudiante identificaba o no aquellos ítems que le producían dificultad para comprender lo leído. Durante las sesiones de razonamiento en voz alta, en cambio, se pretendía que el sujeto contara sin ninguna guía previa, sus dificultades de comprensión lectora. En este relato las dificultades podían ser expresadas de manera explícita por el alumno o también que fueran detectadas por la entrevistadora. En el primer caso el alumno toma consciencia de su dificultad y lo dice, mientras que en el segundo la entrevistadora infiere la dificultad lectora del mismo a través de sus acciones y sus dichos

La nueva categoría referida a las acciones de los alumnos proporcionó información valiosa en cuanto a los procesos de la lectura y a cómo actúan los alumnos cuando no entienden lo que leen. Tal como puede observarse, la mayoría de estos sujetos cuando detectaron dificultades en su comprensión, no aplicaron estrategias para superarlas.

5. CONCLUSIONES.

Se logró en el desarrollo del presente estudio cumplir los objetivos planteados, tanto los teóricos, como los metodológicos y los prácticos. De esta manera los resultados obtenidos han mostrado ser útiles para diagnosticar e interpretar la problemática de la lectocomprensión de enunciados de problemas de estequiometría, un conocimiento necesario para aportar soluciones a la misma y, en suma, para mejorar la enseñanza-aprendizaje de la química.

La investigación de la lectocomprensión de problemas de química es un área poco investigada y, en el relevamiento bibliográfico hecho en la presente tesis, no se han hallado trabajos específicos referidos a la lectura y comprensión de enunciados de estequiometría, al menos en nuestro país. La presente investigación surge entonces como un antecedente valioso para el tema, sobre todo si se tiene en cuenta que la química es una disciplina fundamental dentro de las ciencias básicas y que por tanto está presente en la currícula de muchas carreras no químicas de ciencia y tecnología, como es el caso de las ingenierías.

A continuación se expondrán las conclusiones, metodológicas, teóricas y prácticas que se desprenden de este trabajo.

5.1. Sobre la metodología utilizada. Conclusiones metodológicas.

La metodología utilizada permitió detectar las dificultades de lectocomprensión informadas por los alumnos participantes cuando leían enunciados de estequiometría. Las dificultades detectadas pudieron ser incluidas dentro de las categorías elaboradas y probadas en esta tesis, las cuales se sustentan en el MEP.

Los alumnos participantes fueron sensibles a los indicadores propuestos para cada categoría; es decir, que los identificaron como fuentes de dificultad en la lectocomprensión. No surgieron del cuestionario indicadores diferentes a los propuestos y, por lo tanto, no hubo necesidad de revisar, ni las categorías planteadas ni sus indicadores. Lo anterior se pudo verificar mediante la pregunta abierta que se planteó en el cuestionario, en la cual ninguno de los encuestados añadió indicadores diferentes de aquellos planteados en el instrumento. Se deduce entonces que se abarcaron la totalidad de posibles dificultades de lectocomprensión que podían tener los sujetos.

Los resultados del análisis del cuestionario sirvieron como base para la instancia de razonamiento en voz alta. En esta etapa de la investigación el proceso de lectura ocurrió con más naturalidad y sin condicionamientos de tiempo, por lo cual los procesos mentales serían más coincidentes con los que

ocurrirían en una situación real de estudio o de clase. Por la misma naturaleza de la tarea, el proceso de razonamiento en voz alta exigió por parte de los alumnos una demanda cognitiva mayor que en la resolución del cuestionario. Ellos debían leer, pensar y expresar en palabras sus pensamientos; es decir, que por un lado debían decodificar el mensaje del texto y, al mismo tiempo, elaborar un texto oral al respecto. Ello supone un monitoreo constante del proceso de lectura y del habla al mismo tiempo, lo cual enlentece el proceso y aumenta el grado de conciencia que el lector tiene acerca de su lectura y de su comprensión. Así, mediante un enfoque diferente al empleado en el cuestionario, se pretendió confirmar las categorías e indicadores surgidos del mismo e indagar más profundamente acerca de las dificultades que informaron los alumnos, dando así una mayor validez y credibilidad al estudio.

El análisis de las sesiones de razonamiento en voz alta permitió confirmar las categorías e indicadores surgidos del cuestionario, ya que todos ellos estuvieron representados en las expresiones de los alumnos que participaron.

La situación dinámica propia de esta metodología permitió, además, que surgiera una categoría diferente de las anteriores[11], "Acciones llevadas a cabo por los alumnos durante el proceso de lectocomprensión".

Como ya se mencionó en la descripción del instrumento, algunos de los indicadores utilizados para esta categoría coinciden con los resultados del trabajo de Bereiter y Bird (1985) quienes, mediante protocolos de razonamiento en voz alta, relevan las acciones llevadas a cabo por los lectores al intentar comprender un texto.

5.2. Sobre los resultados obtenidos. Conclusiones teóricas.

[11] Recuérdese que el enfoque metodológico de tipo cualitativo que se utilizó en la presente investigación preveía, durante el desarrollo de la misma, un ajuste de categorías y/o indicadores.

Los instrumentos de recolección de datos diseñados para esta tesis fueron adecuados para detectar y clasificar en categorías las dificultades de lectocomprensión que informaron los alumnos.

Se confirma el supuesto con el que se comenzó la investigación, el cual atribuía las dificultades a diversas causas no relacionadas a la mera habilidad lectora, lo cual también se contempló al elaborar las categorías.

Los resultados obtenidos en las dos instancias de recolección de datos (cuestionario y razonamiento en voz alta) mostraron que la mayor fuente de dificultades de lectocomprensión en los textos en estudio se originaba en deficiencias de conocimientos previos sobre estequiometría. Así, la mayor parte de los alumnos relevados (tanto a través del cuestionario como en el estudio en profundidad) señalaron que la ausencia de conocimientos previos o su falta de funcionalidad (no podían activarlos o utilizarlos) constituía la mayor fuente de dificultad en la lectocomprensión. Como ya se discutió anteriormente, esta tendencia no fue tan acentuada en la instancia de razonamiento en voz alta ya que, al momento de efectuarse la misma, los alumnos habían tomado clases del tema y también pasado por una instancia de evaluación. Ya fue discutido en los fundamentos teóricos de esta tesis, cómo el conocimiento del lector acerca del tema que trata el texto es importante para comprenderlo. van Dijk (2005), Téllez (2005), Campanario y Otero (2000), entre otros, mencionan la relevancia de los conocimientos del lector, tanto acerca del tema, como de elementos propios del texto (tipo de texto o la gramática) sobre la construcción de las distintas representaciones mentales que el lector elabora durante la lectura.

Se ha observado además otro papel interesante que juegan estos saberes en el proceso de lectocomprensión, asociado al monitoreo metacognitivo que ocurre durante la lectura. Los dos instrumentos de recolección de datos utilizados, requerían que el alumno efectuara una reflexión metacognitiva durante la lectura, de manera que pudiera tomar conciencia de sus dificultades y hacerlas explícitas. Solo si había logrado reconocerlas podía entonces indicarlas en el instrumento. Este reconocimiento, entonces, supone que logró construir alguna representación mental del sentido del texto, de bajo o de alto nivel y para ello el lector debió contar con algunos conocimientos previos. Además, en una

situación de lectura real, solo si el lector detecta, conscientemente, que no ha comprendido algo en el texto, puede hacer algo para corregir esa falla y lograr así la comprensión. Es decir, que los conocimientos previos no solo son importantes para comprender un texto, sino también para reconocer aquellos textos que no se comprenden. Si el lector no puede darse cuenta de su falla, no logrará la construcción de los modelos situacionales acordes al mensaje del texto.

Lo anterior se refleja en los resultados obtenidos, ya que los alumnos que habían activado o adquirido conocimientos previos sobre el tema mediante la lectura o en una cursada anterior de la materia, encontraron y señalaron más dificultades que aquellos que no lo habían hecho; es decir que, si bien estos saberes no mejoraron su comprensión, sí les ayudaron para ser conscientes de sus fallas, lo cual es imprescindible para intentar subsanarlas. Esto coincide con los resultados expuestos por Graesser *et al.* (2005); Sanford y Sturt (2002), Jaramillo Arana *et al.* (2006) y Otero, (1990), quienes muestran en sus trabajos cómo los lectores que no poseen suficientes conocimientos previos sobre el tema, no son capaces de detectar las dificultades que encuentran durante la lectura y pueden tener, a veces, una sensación de falsa comprensión.

Además de los conocimientos previos, apareció como una dificultad importante la longitud del texto, indicador que fue señalado por un gran número de alumnos como un obstáculo para la comprensión, enmascarando incluso a otras fuentes de dificultad. De acuerdo a los resultados obtenidos en las diferentes etapas de la investigación, los alumnos no deseaban leer enunciados largos y complejos. Los enunciados que presentaban situaciones problemáticas conectadas a la realidad fueron percibidos como “largos” y ello desanimaba a los lectores, tal como pudo constatarse en la instancia de razonamiento en voz alta en la que sólo 2 alumnos de los 11 participantes manifestaron la necesidad de leer cuidadosamente el enunciado, de organizar la información y, de ser necesario, de volver a leerlo para alcanzar su comprensión. El resto de los sujetos eludían la lectura y al ser interrogados al respecto manifestaron explícitamente que preferían no leer porque los enunciados eran largos.

Esto último sumaría una dificultad a una estrategia didáctica que suele utilizarse en la enseñanza de la química, en la cual se proponen a los alumnos

problemas contextualizados para generar en ellos referentes conocidos. Si bien la bibliografía didáctica recomienda este tipo de situaciones y los alumnos los consideran como más motivadores, su extensión desanima a la lectura y en consecuencia condiciona su resolución, por lo que no se puede lograr la interacción del alumno con el problema y la estrategia didáctica no es efectiva.

Se pudo corroborar que el código químico es otra fuente importante de dificultades asociada, sin duda, a los conocimientos previos pero, a su vez, con identidad propia. Tal como se analizó desde los fundamentos teóricos, la resolución de problemas de estequiometría exige la integración de los tres niveles representacionales del conocimiento químico Así, el nivel simbólico o lenguaje químico puede producir fallas en la comprensión del tema que repercuten negativamente en su aprendizaje.

La formulación y nomenclatura química son contenidos incluidos en los Contenidos Básicos Comunes para nivel medio del Ministerio de Educación de la Provincia y también en las Núcleos de Aprendizaje Prioritarios para nivel medio del Ministerio de Educación de la Nación. Se podría suponer entonces, que los alumnos llegan a 1º año de Ingeniería con algunas nociones del código químico. Sin embargo son muy frecuentes los alumnos de las carreras de Ingeniería que manifiestan no haber trabajado con esos contenidos en la escuela media, por lo que su primer contacto con el lenguaje químico ocurre durante las clases de Química Aplicada.

Atendiendo a esta problemática, se trabaja la nomenclatura y la formulación química en la primera clase de esta materia, como una manera de nivelar a los alumnos que comienzan a cursar. Sin embargo, el tema es complejo y requiere de tiempo para que el alumno logre apropiarse de él, algo que difícilmente pueda lograrse en una única clase de tres horas. Era esperable, entonces, que en este estudio, los alumnos señalaran muchas dificultades de lectocomprensión asociadas a su impericia para comprender o para escribir el código químico.

En cuanto a los problemas ocasionados por el vocabulario, se pudo observar, en coincidencia con las afirmaciones de Furió *et al.* (2000), Pozo y Gómez Crespo (1998) y Llorens (1991), que los alumnos indicaron confusiones entre términos como “mol”, “molar”, “molecular”, “molécula”. Así, se confirma una

problemática didáctica frecuente que ocurre cuando los alumnos no establecen una relación adecuada entre el significado y el término que lo expresa.

Como se desprende de los resultados obtenidos, las dificultades de lectocomprensión se hallan muy ligadas, entre otras cosas, a los contenidos conceptuales subyacentes en el texto, en este caso los conceptos de la estequiometría. No obstante, sería deseable investigar más profundamente los enunciados de problemas referidos a otros contenidos de la materia Química Aplicada, incluso de problemas que no involucren cálculos, y para los que se observan también dificultades de lectocomprensión por parte de los alumnos.

Otro punto para destacar en las conclusiones de esta investigación es la categoría de análisis que surgió de los resultados en las sesiones de razonamiento en voz alta, referida a las acciones que realizan los alumnos para comprender lo que están leyendo. Se discutió previamente, en la presentación de las categorías de análisis, acerca de las estrategias de lectura que ayudan a mejorar la comprensión. Como conclusión destacamos la importancia de los procesos metacognitivos en la detección de las propias dificultades durante la lectocomprensión. Siguiendo con este razonamiento y acordando con Téllez (2005), Otero (1999), Bereiter y Bird (1985), podemos señalar que los lectores que tienen una mayor conciencia acerca de sus propias dificultades al leer, son capaces de aplicar las estrategias mencionadas (u otras) a fin de subsanarlas.

En este estudio se observó que los alumnos que participaron de las sesiones de razonamiento en voz alta aplicaron pocas estrategias que sirvieran para mejorar su comprensión. Los alumnos leían, pero en general, no intentaban corregir sus fallas cuando no entendían un pasaje del texto con el que estaban trabajando. Tampoco manifestaban de manera explícita lo que no entendían y cómo harían para corregir esas fallas, prefiriendo interrumpir la lectura completamente. Sólo dos alumnos expresaron la necesidad de recurrir a alguna estrategia, como la relectura, que le permitiera mejorar su comprensión.

La pobreza exhibida por este grupo de alumnos en la utilización de estas estrategias lleva a preguntarnos si los estudiantes las conocen o si, aún conociéndolas, son capaces de aplicarlas al detectar sus dificultades lectoras. Al respecto, surgen entonces interrogantes sobre cómo y hasta qué punto pueden influir los elementos afectivos o motivacionales en la lectocomprensión. Téllez

(2005), entre otros, pone de manifiesto la importancia que estos factores tienen en las operaciones de la mente, entre ellas la lectocomprensión de los textos. Recordemos que los sujetos de esta investigación son estudiantes de Ingeniería que cursan la materia Química Aplicada. La propia experiencia de la investigadora y las expresiones de otros docentes de la cátedra, ponen de manifiesto la falta de interés y hasta el rechazo de estos alumnos hacia la química, principalmente porque no logran ver la conexión entre estos contenidos y su posterior desempeño profesional como ingenieros. Esta influencia de los factores motivacionales/emocionales sobre la lectocomprensión podría ser un tema interesante para un estudio más profundo al respecto.

5.3. Conclusiones prácticas. Recomendaciones didácticas.

En coherencia con los resultados obtenidos, se pueden realizar algunas recomendaciones didácticas para la práctica docente en pos de mejorar el desempeño lector de los alumnos en la resolución de problemas de lápiz y papel y en consecuencia su aprendizaje de la química.

Un punto resultante de esta tesis fue mostrar la dependencia que parece existir entre los conocimientos previos de estequiometría y las dificultades de lectocomprensión que manifiestan los alumnos al leer problemas de este tema.

Si bien, tal como se expuso en los resultados, la mera lectura o el hecho incluso de haber ya cursado la materia no son suficientes para mejorar la comprensión, consideramos importante la activación del conocimiento que provocan estas situaciones ya que ayuda a los alumnos a acrecentar su experiencia metacognitiva, (tal como se ha mostrado en los resultados de este trabajo), y detecten sus dificultades de lectocomprensión. Es importante entonces el rol del docente cuando en su clase contribuya a activar esto conocimientos previos mediante alguna estrategia didáctica apropiada.

Sin embargo, aun cuando se logre esta activación de conocimientos y un mejor monitoreo metacognitivo para detectar obstáculos de lectocomprensión, es

probable, de acuerdo a lo observado en el estudio en profundidad, que muchos alumnos no hagan nada al respecto. En otras palabras, estos estudiantes se dan cuenta durante su lectura de que “algo no encaja” pero no acuden al uso de ninguna estrategia para intentar superar el obstáculo. Como se ha podido apreciar, el hecho de manejar los mecanismos de la lectura, no implica necesariamente la comprensión. Más aun, considerando que para leer y entender este tipo de textos, se requiere de procedimientos y estrategias que les son propios.

Ante esta última situación, sería deseable que los alumnos adquirieran conocimientos no sólo conceptuales acerca del tema, sino también procedimientos relacionados con las formas de pensar y hacer la química, en este caso referidos a las habilidades de lectocomprensión, y que los mismos puedan ser utilizados durante la resolución de problemas de lápiz y papel. Así, La enseñanza de contenidos procedimentales no debería limitarse (como frecuentemente se hace) a la fase del planteo y solución de un problema sino que, como se desprende de los resultados obtenidos, debe incluir necesariamente a la fase de lectocomprensión del enunciado y el metaanálisis de este proceso. La construcción de los conceptos por parte de los alumnos no puede separarse de los contenidos procedimentales, en este caso de la lectocomprensión de los enunciados de problemas (procesos que debe continuar por supuesto con la fase de solución del mismo), sino que ambos deben ocurrir de manera coordinada: los conceptos son imprescindibles para leer y comprender los enunciados de los problemas de lápiz y papel y, a su vez, la resolución de estos problemas constituye un instrumento para aprender mejor los conceptos.

Lo anterior enfoca la atención en la necesidad de planificar, desarrollar y realizar un seguimiento de los contenidos procedimentales de la lectura y comprensión de los enunciados, convirtiéndolos en un elemento explícito en el curriculum que se pone en juego dentro del aula.

Es el docente el responsable de disponer los escenarios didácticos que favorezcan la apropiación del conocimiento por parte del alumno. La resolución de problemas es una estrategia didáctica que promueve escenarios favorables para la construcción de relaciones conceptuales y procedimentales.

Por ello esta práctica no debiera reducirse a un proceso mecánico de cálculo falto de comprensión y de una reflexión profunda acerca de los conceptos y procesos que se ponen en juego. Es decir que el docente debe enseñar al alumno a elaborar las representaciones de alto nivel necesarias para comprender el enunciado para luego poder continuar con los sucesivos ciclos de comprensión-resolución que le conduzcan a la solución final.

Al abordar la resolución de problemas, sería deseable comenzar con la fase de lectocomprensión del enunciado, ayudando al alumno a construir las representaciones mentales necesarias para que logre elaborar el modelo del problema. A lo largo del dictado de la materia el docente debería procurar transferir el control del proceso al alumno, y que éste logre autonomía en su ejecución.

Se puede explicar a los estudiantes qué sucede en sus mentes cuando leen fomentando así en ellos el control metacognitivo. Luego, cuando detecten sus dificultades, exhortarles a que realicen alguna de las estrategias mencionadas antes para sortear estos obstáculos, como por ejemplo volver a leer, o intentar la elaboración de una paráfrasis. Estas sugerencias coinciden con las ideas expuestas por Pressley y Afflerbach (1995) y Bereiter y Bird (1985) quienes sostienen que la enseñanza deliberada de estas estrategias puede contribuir a mejorar la comprensión lectora.

Estos objetivos no pueden lograrse con un curriculum en el que existe escasa coordinación horizontal y vertical entre los distintos contenidos, ni con el divorcio entre teoría y práctica, un método extensamente difundido en nuestra universidad.

De acuerdo a todo lo expuesto, sería deseable modificar, además de la planificación, la dinámica y coordinación de los diferentes espacios curriculares de la Cátedra de Química Aplicada, integrando las clases teóricas y las clases de seminario/laboratorio. Se podría pensar en una coordinación temporal y de ser posible unirlas en una sola clase, lo que posibilitaría un permanente diálogo entre la teoría y la práctica, desde una sola voz. No obstante esta posición extrema puede tener otra solución desde una dedicación mayor a la coordinación entre docentes, contenidos y estrategia a emplear en

los diferentes espacios. No debemos olvidar que el alumno que pasa por ellos es “uno” y varios sus docentes.

Los resultados obtenidos también mostraron los problemas que tienen los alumnos estudiados con la comprensión y el uso del código químico. Si bien este contenido se desarrolla en una clase específica, no debe dejarse de lado su enseñanza durante las clases posteriores, siempre en el contexto del tema que se esté tratando. Ello implica *subrayar la importancia del nivel simbólico* de la química y sus interrelaciones con los demás niveles representacionales de manera explícita en cada uno de los temas que se trabajan en la materia. De esta forma, los alumnos irían adquiriendo y enriqueciendo la información que le proporcionan, las fórmulas, los nombres y las ecuaciones químicas a la vez que obtendrían muchas oportunidades para utilizar el código químico en diferentes situaciones.

Finalmente y tendiendo al último objetivo práctico de esta tesis, se sugieren algunas consideraciones a tener en cuenta a la hora de redactar los enunciados de los problemas de manera que constituyan verdaderos mediadores en la enseñanza y en el aprendizaje contribuyendo al aprendizaje de los conceptos y de los procedimientos planificados en el curriculum.

Aún cuando ya sabemos que la interacción entre un texto y un lector determinado es única, prestar atención “docente” a la mediación que producen, evitaría obstáculos innecesarios para la comprensión, al menos aquellos que pudieran preverse de antemano.

Se sugiere, en cuanto a la estructura textual, preferir una sintaxis lineal, sin invertir el orden del sujeto y el predicado en las oraciones; minimizar el uso de referentes anafóricos, o al menos, acercarlos al referente de la oración. También es necesario prestar atención a los contenidos del texto, presentando los problemas en orden creciente de complejidad, siendo los primeros problemas más cercanos a los conocimientos previos que pudiera tener el alumno sobre el tema y luego ir complejizando y enriqueciendo las situaciones planteadas. También sería oportuno cuidar la introducción del vocabulario específico y de qué manera se utilizan las palabras que pueden inducir a confusiones debido a sus significados cotidianos. Todo esto supone una cuidadosa planificación por parte del docente quien, cuando redacte el texto del problema, debe prever qué

representación podría construir su alumno cuando lea el enunciado, partiendo del supuesto de que, con seguridad, será diferente del modelo mental que tiene él mismo.

En el caso que se desee proponer a los alumnos enunciados de tipo realista, es recomendable *organizar todo el texto previendo el modelo mental* del problema que el lector intentará construir y ordenar la información acorde este modelo. Ello no significa que dichos datos deban ponerse en el orden en que van a ser utilizados sino más bien, en una forma tal que ayude al alumno a encontrar las relaciones entre ellos.

Estas recomendaciones no implican, de ninguna manera, ni disminuir la exigencia a los estudiantes o el nivel académico de los contenidos, ni evitar la introducción de nuevo vocabulario, ni la utilización de enunciados extensos o de problemas realistas, sino que estos factores sean utilizados con el fin de favorecer el aprendizaje. Tal como ocurre con otros contenidos, la lectocomprensión de los enunciados de problemas de estequiometría requiere un tratamiento gradual e intencional de los contenidos procedimentales y conceptuales involucrados, aumentando paulatinamente la complejidad de los mismos y es tarea del docente enseñar a los alumnos cómo ir enfrentándose a enunciados de *complejidad creciente*.

Cuando el docente prevea (generalmente inspirado en su experiencia de aula) en los enunciados alguna situación que producirá dificultades en la lectocomprensión de los estudiantes, puede enfocar su atención en ellas, para que estos las reconozcan. *Aumentar el control metacognitivo* de los alumnos le permitirá al profesor enseñar estrategias explícitas que contribuyan a superar estos posibles obstáculos de lectocomprensión.

En suma, al menos en los primeros momentos del cursado de la materia la lectura de los enunciados de los problemas de lápiz y papel debe ser *tratada por el docente* como un contenido procedimental para cada unidad que se trabaje, ya que el solo hecho de que el alumno domine la mecánica de la lectura, no implica necesariamente que comprenda eficazmente este tipo de textos.

5.4. Consideraciones finales.

Los resultados de esta tesis muestran la importancia que tiene la lectocomprensión en las actividades prácticas que realizan los alumnos de los primeros años de las carreras de Ingeniería durante las clases de química. Como ya se expuso anteriormente, frecuentemente se resta importancia al uso del lenguaje durante las clases de ciencias, considerando que las habilidades relacionadas con el uso de la lengua son privativas de las disciplinas afines a las letras. Se ha resaltado en esta investigación el papel del lenguaje escrito y de los enunciados de problemas, como mediadores del aprendizaje, ya que a través de estos textos el alumno interacciona con el objeto del conocimiento, en este caso la estequiometría. Sin embargo, el uso de problemas de lápiz y papel como estrategia didáctica para la enseñanza de la química requiere, tal y como se lo ha planteado, de una intencionalidad pedagógica clara y explícita por parte del docente durante todo el proceso de la resolución del problema, comenzando, por supuesto, con la lectocomprensión del enunciado. Es deseable entonces que el profesor sea consciente de esta intencionalidad para ser capaz de guiar eficazmente al alumno en su aprendizaje.

El dominio de los conceptos de química, por más profundo y acabado que sea, no implica necesariamente ni el conocimiento ni el uso adecuado de las estrategias didácticas para la enseñanza de la química. Al respecto, Rivarossa y Perales (1998) señalan que la educación universitaria ha concentrado sus esfuerzos en promover la transmisión de técnicas, métodos y contenidos, aislados muchas veces del contexto socio-cultural en el que fueron producidos, validados y comunicados. Este modelo de universidad influye en los modelos de enseñanza puestos en práctica por los docentes y que se contradicen con los marcos teóricos contemplados por los nuevos lineamientos en filosofía de las ciencias y en educación científica. Sería deseable propiciar en los docentes universitarios un acercamiento a los aspectos didácticos de la disciplina que enseñan , no sólo en beneficio de la formación de los alumnos, sino del propio docente, quien podría mejorar su desempeño en ese complejo contexto que es el aula (Campanario, 2003).

La conjunción que cada docente hace entre el conocimiento disciplinar y los saberes didácticos de la disciplina que enseña constituyen el Conocimiento Didáctico del Contenido, un acervo de saberes que establece una diferencia entre la comprensión del especialista en un área del saber y la comprensión del pedagogo (Acevedo, 2009). En palabras de Shulman (2005, p. 11) "Representa la mezcla entre materia y didáctica por la que se llega a una comprensión de cómo determinados temas y problemas se organizan, se representan y se adaptan a los diversos intereses y capacidades de los alumnos, y se exponen para su enseñanza".

La investigación acerca del Conocimiento Didáctico del Contenido, es un área extensa dentro de la formación docente y su descripción escapa a los objetivos de esta tesis. No obstante, de acuerdo a las conclusiones expuestas y dentro del contexto planteado, la intervención intencional del docente es importante para la lectocomprensión de un enunciado de un problema de estequiometría, al menos en las primeras clases del tema. Contar con el conocimiento didáctico acerca del proceso de lectocomprensión como contenido procedimental dentro de la química, permitiría al docente enriquecer y mejorar el aprendizaje de sus alumnos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACEVEDO DÍAZ, J. A. (2009) Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza de la naturaleza de la ciencia (I). El marco teórico. *Revista Eureka*, 6(1), 41-46.

ÁLVAREZ ANGULO, T. (1996) El texto expositivo-explicativo: su superestructura y características textuales. *Didáctica (Lengua y literatura)* 8, 29-44.

ALEGRÍA, J. & LEYBAERT, J. (1987) Adquisición de la lectura: El caso del niño sordo. *CNREE. Serie Documentos*, Nº 5. Madrid: MEC.

ALFONSO, E. & JELDRES, M. (1999) ¿Cómo acercarnos a la comprensión auditiva en español? *Revista Signos* 32(45-46), 73-8.

ASENSI BORRÁS, M. C. (2004) Comprensión lectora de personas sordas adultas: construcción y validación de un programa de instrucción. (Tesis Doctoral) Universidad de Valencia, España.

AZCONA, R., FURIÓ, C., INTXAUSTI, S. & IRIZAR, M.T. (2005) ¿Cómo se puede favorecer una buena comprensión de la cantidad de sustancia y el mol en una clase de bachillerato? *Enseñanza de las Ciencias*, Número extra. VII Congreso, 1-4.

BADDELEY, A. B. (2003) Working memory: looking back and looking forward. *Nature Reviews Neuroscience*, *4*, 829-839.

BADDELEY A. B. (2004) The Psychology of Memory. En: A.B. Baddeley, M.D. Kopelman and B.A. Wilson (Eds), *The Essential Handbook of Memory Disorders for Clinicians* (pp. 1-14) C. Inglaterra: John Wiley & Sons.

BARTLETT, F.C. (1932). A Theory Of Remembering. En: *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology.* Cambridge University Press. Consultado en http://www.ppsis.cam.ac.uk/bartlett/TheoryOfRemembering.htm

BEREITER, C. & BIRD, M. (1985) Use of thinking aloud in identification and teaching of reading comprehension strategies. *Cognition and Instruction*, 2(2), 131-156.

BODNER, G.M. & HERRON, J. D. (2002) Problem-solving in chemistry. En: J.K., Gilbert, O, De Jong, R. Justi, D. F. Treagust & J. H. Van Driel (Eds) *Chemical Education: Towards Research-based Practice* (pp. 235–266). Alemania: Kluwer Academic Publishers.

BORSESE, A. (1997) El lenguaje de la química y la enseñanza de las ciencias. *Revista Alambique* 12, 33-41.

BORSESE, A. (2000) Comunicación, lenguaje y enseñanza. *Educación Química,* 11(2), 220-227.

BORSESE, A.; SANTOS, E.S. (2005) Comunicación y lenguaje en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias Nº Extra. VII Congreso*, 1-5.

BUTELER, L.; GANGOSO, Z. (2001) Diferentes enunciados del mismo problema: ¿problemas diferentes? *Investigações em Ensino de Ciências,* 6(3), 269-283

BUTELER, L., GANGOSO, Z., BRINCONES CALVO, I. & GONZÁLEZ MARTÍNEZ, M. (2001) La resolución de problemas en física y su representación: un estudio en la escuela media. *Enseñanza de las ciencias,* 19 (2), 285-295.

BUTELER, L., COLEONI, E. & GANGOSO, Z. (2008) ¿Qué información útil arrojan los errores de los estudiantes cuando resuelven problemas de física?: Un aporte desde la perspectiva de recursos cognitivos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 7(2), 349-365.

CANDELA, A. (2006) La Construcción discursiva de contextos argumentativos en la enseñanza de la ciencia. En: Eds: Coll, C & Edwards, D. *Enseñanza, aprendizaje y discurso en el aula: aproximaciones al estudio del discurso educativo* (pp. 99-116). España: Fundación Infancia y Aprendizaje.

CAMACHO, J. C. M. (2004) Procesos neológicos del léxico científico. Esbozo de Clasificación. *Anuario de Estudios Filológicos* XXVII, 157-174.

CAAMAÑO ROS, A. (2006, Junio). *Repensar el currículum de química en el bachillerato.* Comunicación en la Primera Trobada de Professors de Química de la Universitat de Barcelona i Professors de Química de Batxillerat, Barcelona, España.

CAMPANARIO, J. M. (2003) Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (2), 319-328.

CAMPANARIO, J. M. & OTERO, J. (2000) La comprensión de los libros de texto. En: F. J. Perales & R. Porlan Porlán (Eds) *Didáctica de las Ciencias Experimentales* (pp. 323-338). Alcoy: Editorial Marfil.

CARLSEN, W. S. (2007) Languaje and Science Learning. En: Abell, S. K. & Lederman, N. G (Eds) *Handbook of Research on Science Education* (pp 57-74). New Jersey: Lawrewnce Erlbaum Associates, Inc.

CHAMORRO PLAZA M. del C. (2001) Las dificultades de la enseñanza aprendizaje de las magnitudes en educación primaria y ESO. En: Dificultades para el aprendizaje de la matemática. Secretaría General de Educación y

Formación Profesional. Instituto Superior de Formación del Profesorado. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte: España.

COLEONI, E. A., OTERO, J. C., GANGOSO, Z. & HAMITY, V. H. (2001) La construcción de la representación en la resolución de un problema de física. *Investigações em Ensino de Ciencias*, 6(3), 285-298.

COLOM, R. & DE JUAN-ESPINOSA, M. (1998) Las representaciones mentales: ¿El lenguaje del pensamiento, 1os lenguajes del pensamiento o los "lenguajes de 1os pensamientos"? *Anuario de Psicologia, Universitat de Barcelona*, 45, 7-21.

CUMMINS, D.D., KINTSCH, W., REUSSER, K. & WEIMER, R. (1988) The role of understanding in solving word problems. *Cognitive Psychology*, 20 (4), 405-438.

DE BRITO NEVES, D. A.; (2006) La verbalización como registro para análisis en la investigación sobre lectura. *Anales de Documentación*, 9, 43-51.

DE LONGHI, A. L. (2000) La construcción del conocimiento un problema de Didáctica de las Ciencias y de los profesores de Ciencia. *Revista de Educación en Biología* 1(3), 13-21.

DE LONGHI, A. L., FERREYRA, A., IPARRAGUIRRE, L., CAMPANER, G., PAZ, A. & CALATAYUD, P. (2003) La interacción discursiva y el proceso de enseñanza en Ciencias Experimentales. *Revista Diálogos Pedagógicos, UCC*, 1 (2), 56-59.

DE LONGHI, A. L. (2007) Gestión de un proceso de formación docente para Ciencias Naturales. En: De Longhi, A. L. T. & Echeverriarza, M. P. Compiladoras, Sarmiento, J. (Ed) *Diálogo entre diferentes voces. Un proceso de formación docente en Ciencias Naturales en Córdoba-Argentina* (pp.11-34). Córdoba: Universitas.

DRIVER, R., ASOKO, H., LEACH, J., PHILIP, S. & MORTIMER, E. (1994) Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Research*, 23, 5-12.

ECO, H. (2000) Teoría de los Códigos. En: *Tratado de Semiótica.* (pp. 83-219) Barcelona: Lumen S.A.

ESTIENNE, V. M., CARLINO, P. (2004) Leer en la universidad: Enseñar y aprender en una cultura nueva. *Uni-pluri/versidad*, 4(3), 1-13.

ERICSSON, K. A.; SIMON, H. A. (1987) Verbal reports on thinking. En: Faerch, C. & Kasper, G. (Eds) *Instrospection in second language research*, multilingual matters, nº 30 (pp. 24-53). Clevedon, Multilingual matters.

FERNÁNDEZ G. M. E. & IZUZQUIZA M. V. (2007, Mayo) *La escritura de textos en la universidad: una responsabilidad compartida.* Ponencia en I Jornadas Nacionales de Investigación Educativa, II Jornadas Regionales - VI Jornadas Institucionales. Secretaría de Investigación - Facultad de Educación Elemental y Especial - Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza.

FLAVELL, J. H. (1976) Metacognition and Cognitive Monitoring: A new area of cognitive - developmental inquiry. *American Psychologist*, 34, 906-911.

FLOR REYES, C. & GARRITZ A. (2006) Conocimiento pedagógico del concepto de "reacción química" en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 31(11), 1175-1205.

FURIÓ, C., AZCONA, R. & GUISASOLA, J. (1999) Dificultades conceptuales y epistemológicas del profesorado en la enseñanza de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3), 359-376.

FURIÓ, C., AZCONA, R. & GUISASOLA, J. (2002) Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 229-242.

FURIÓ, C & FURIÓ, C. (2000) Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300-308.

GABEL, D.L. & BUNCE, D.M. (1994). Research on problem solving: Chemistry. En: Gabel, D.L. (Ed.) *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp. 301-326). Nueva York: MacMillan Publishing Company.

GALAGOWSKY, L., RODRÍGUEZ, M. A., STAMATI, N. A. & MORALES, L. F. (2003) Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (1), 107-121.

GALLEGO BADILLO, R., PÉREZ MIRANDA, R. & GALLEGO TORRES, P. A. (2009) Una aproximación histórico epistemológica a las leyes fundamentales de la Química. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(1), 359-375

GARCÍA BELMAR, A. & BERTOMEU SÁNCHEZ, J.R. (1998) Lenguaje, ciencia e historia. *Alambique*, 17, 20-37.

GARCÍA MADRUGA, J. A. (1988) Lenguaje y conducta cognitiva: El papel del lenguaje en la solución de problemas. *Estudios de psicología*, 32(34), 191-202.

GARRITZ, A. (1998) Una Propuesta de estándares nacionales para la educación científica en el bachillerato. La corriente educativa Ciencia–

Tecnología–Sociedad. Ciencia. *Revista de la Academia Mexicana de Ciencias*, 49(1), 27-34

GEE, J. P. (1996) Discourse and Literacies. En: *Social linguistics and literacies: Ideology in discourses. Critical perspectives on literacy and education*. (pp 122-148) Londres: Falmer Press.

GILLESPIE, R. J., EATON, D. R., HUMPHREYS, D. A. & ROBINSON, E. A. (1994) Atoms, molecules and reactions. An introduction to chemistry. Englewood Cliffs, New Jersey, USA: Prentice Hall.

GRAESSER, A. C., SINGER, M. & TRABASSO, T. (1994) Constructing inferences during narrative text comprehension. *Psychological Review* 101(3), 371-395.

GRAESSER, A. C. & OLDE B. A. (2003) How does one know whether a person understands a device? The quality of the questions the person asks when the device breaks down. *Journal of Educational Psychology by the American Psychological Association, Inc.* 95(3), 524-535.

GRAESSER, A. C., OLDE, B, POMEROY, V., WHITTEN, S., LU, S. & CRAIG, S. (2005) Inferencias y preguntas en la comprensión de textos científicos. *Tarbiya, Revista de Investigación e Innovación Educativa del Instituto Universitario de Ciencias de la Educación. Universidad Autónoma de Madrid*, 36, 103-128.

GÓMEZ CRESPO, M. A., POZO, J. I. & GUTIÉRREZ JULIÁN, M. S. (2004). Enseñando a comprender la naturaleza de la materia: el diálogo entre la química y nuestros sentidos. *Educación Química*. 15 (3), 198-209.

GÓMEZ-MOLINÉ, M. R. & SANMARTÍ, N. (2002) Reflexiones sobre el lenguaje de la ciencia y el aprendizaje. *Educación Química* 11(2), 266-273.

GÓMEZ-MOLINÉ, M., MORALES M. L. & REYES-SÁNCHEZ, L. B. (2008) Obstáculos detectados en el aprendizaje de la nomenclatura química. *Educación Química*, 1(19), 201-206.

GUZMÁN ROSQUETE, R. (1997) Métodos de lectura y acceso al léxico. (Tesis doctoral) Universidad de la Laguna, España. Consultada en Dialnet ftp://tesis.bbtk.ull.es/ccssyhum/cs45.pdf

HALLIDAY, M. A. K. & MARTIN J. R. (1993) Some grammatical problems in scientific English. En: *Writing Science: Literacy and Discursive Power* (pp 69-85). USA: University of Pittsburgh Press.

HALLIDAY, M. A. K. & MARTIN J. R. (1993) The analysis of scientific texts in English and Chinese. En: *Writing Science: Literacy and Discursive Power (*pp 124-132). USA: University of Pittsburgh Press.

HALLIDAY, M. A. K. (2006) Introduction: On the architecture of human language. En: Jonathan Webster (Ed.) *On Language and linguistics* (pp 1-32) Londres: Continuum International Publishing Group.

HAYDAR, J. M. (2000) ¿Qué pasa con los textos escolares? *Zona Próxima* 1, 56-63.

HAYES, J. (1980) Introduction. En: *The complete problem solver* (2da edición) (p. 1). Hillsdale, NJ, England: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

HERNANDEZ SANPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. & BAPTISTA LUCIO, P. (2005) Similitudes y diferencias entre los enfoques cuantitativo y cualitativo. En: *Metodología de la Investigación* (pp 4-7). Mc Graw-Hill Interamericana.

JARAMILLO ARANA, A., MONTAÑA DE LA CADENA, G. & ROJAS REINA; L. (2006) Detección de errores en el proceso metacognitivo de

monitoreo de la comprensión lectora en niños. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud. Manizales: Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud del Cinde y la Universidad de Manizales.* 4(2), 5-95.

JIMENEZ ALEIXANDRE, M. P. & DIAZ DE BUSTAMANTE J. (2003) Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21 (3), 359–370.

JIMÉNEZ LISO, M. R. & DE MANUEL TORRES, E. (2002) Dificultades semánticas del término fuerza en el ámbito de la química: Polisemia entre los significados químico y cotidiano. XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de La Laguna, España.

JOHNSON-LAIRD, P. N. (1980) Mental models in cognitive science. *Cognitive science*, 4: 71-115.

JOHNSON-LAIRD, P. N. (1989) Mental Models. Consultado en URL: http://www.cs.umu.se/kurser /TDBC 12/HT99/litteratur.html

JOHNSON-LAIRD, P. N. (2005) The History of Mental Models. En: Manktelow, K., and Chung, M.C. (Eds.) *Psychology of Reasoning: Theoretical and Historical Perspectives* (pp 179-212). New York: Psychology Press.

JOHNSTONE, A. H. (1991) Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning* 7(2), 75–83.

KEMPA, R.F. (1986) Resolución de problemas de Química y estructura cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), 99-110.

KAUFMAN, A.M. & RODRÍGUEZ, M.E. (1995) La escuela y los textos (pp. 22-28). Buenos Aires: Santillana, AulaXXI.

KINTSCH, W. (1988) The Role of Knowledge in Discourse Comprehension: A Construction-Integration Model. *Psychological Review,* 95(2), 163-182.

KOEDINGER, K. R. & NATHAN, M. J. (2004) The Real Story Behind Story Problems: Effects of Representations on Quantitative Reasoning. *The journal of the learning sciences,* 13(2), 129–164

KOLB, D. (1978) The mole. *Journal of Chemical Education*, 55: 728-732. En: Furió, C. et al. (2002) The learning and teaching of the concepts amount of substance and mole: a review of the literature. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe,* 3(3), 277-292.

LAHORE, A. (1993) Lenguaje literal y connotado en la enseñanza de las ciencias *Enseñanza de las Ciencias* 11 (1), 59-62.

LEMKE, J. L. (1998) Reading science: critical and functional perspectives of discourses of science. J.R. Martin & R. Veel (Eds.) New York: Routledge.

LIVINGSTON, J. L. (1997) Metacognition: an overview. Consultado en URL: http://people.ucsc.edu/~gwells/Files/Courses_Folder/documents/LivingstonMetacognition.pdf

LEON, J. A. (1996) La psicología cognitiva a través de la comprensión de textos. *Revista de Psicología General y Aplicada,* 49(1), 13-25.

LLORENS MOLINA, J. A. (1991) "Ideas y palabras" En: *Comenzando a aprender química* (pp. 139-176) Visor Distribuciones, Madrid, España..

LLORENS MOLINA, J. A. (1991) Comenzando a aprender química. Visor Distribuciones, Madrid, España.

LÓPEZ, W. L., MÁRQUEZ, A. & VERA, F. (2008) Estrategias metacognitivas usadas en la lectura de un texto de química. *Revista Científica*

Electrónica de Ciencias Humanas, 10 (4), 49-80. Consultado en URL: www.revistaorbis.org.ve

LUQUE DURÁN, J. (2004) El conjunto léxico articulado: el lexicón mental. En: *Aspectos universales y particulares del léxico de las lenguas del mundo.* (pp. 223-264). Estudios de Lingüística del Español (ELiEs) 21. Red IRIS. Consultado en URL: http://elies.rediris.es/elies21/

MACÍAS, A., CASTRO, J.I. & MATURANO, C.I. (1999) Estudio de algunas variables que afectan la comprensión de textos de física. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (3), 431-440.

MÁRQUEZ BERGALLÓ, C., IZQUIERDO, M. & ESPINET, M. (2003) Leer en clase de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(3), 431–440

MARTÍN HERNÁNDEZ, M. (2010) Fundamentos para la conceptualización de la lectura, la comprensión y sus estrategias. *Revista UCSAR, Investigaciones de las Ciencias Sociales*, 2(1), 21-42.

MASSA, M., LLONCH, E., D`AMICO, H., ADDAD, R. & CABANELLAS, S. (2000) Estudio diagnóstico para el aprendizaje de los conceptos físicos en escuelas medias en contextos socio-económicos desfavorables. Ponencia en IX Conferencia Inter Americana sobre Educación en Física, IX Inter American Conference on Physics Education, Noviembre. San José, Costa Rica.

MATURANO, C., MAZZITELLI, C. & MACÍAS, A. (2006) ¿Cómo los estudiantes regulan la comprensión cuando leen un texto instructivo con dificultades? *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* 5(2), 235-246.

MATURANO, C. I., SOLIVERES, M. A. & MACÍAS, A. (2002) Estrategias cognitivas y metacognitivas en la comprensión de un texto de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 415-425

MEYER, R. E. & HEGARTY, M. (1996) The process of understanding mathematical problems. En: Sternberg, R. J. & Ben Zeev, T (Eds.) *The nature of mathematical thinking* (pp. 29-54). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Inc Publishers.

MC NAMARA, D. S. (2004) Aprender del texto: Efectos de la estructura textual y las estrategias del lector. *Revista Signos*, 37(55), 19-30.

MINSKY, M. (1975) A Framework for Representing Knowledge. En: *Winston*, P. (Ed.) *The Psychology of Computer Vision* (pp. 211-277). McGraw-Hill.

MOGOLLÓN, G. (2002) Paradigma científico y lenguaje especializado. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la UCV* 18(3), 5-14.

MORA, W., GARCÍA, A. & MOSQUERA, C. (2002) Bases para la construcción de un cuerpo conceptual didáctico del desarrollo histórico epistemológico de los conceptos estructurantes de la química, *Revista Científica, Bogotá, Centro de Investigaciones y Desarrollo científico, Universidad Distrital.* 4, 259-286.

MOREIRA, M. A. (2003, Septiembre) Lenguaje y Aprendizaje Significativo. Conferencia de cierre del IV Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo, Maragogi, AL, Brasil. Consultado en URL: http://www.if.ufrgs.br/~moreira/lenguaje.pdf

MORENO GONZALEZ, A. (2006) Atomismo versus Energetismo: controversia científica a finales del siglo XIX. *Enseñanza de las Ciencias,* 24(3), 411–428

MORTIMER, E. F. (2001) Perfil Conceptual: formas de pensar y hablar en las clases de ciencias. *Infancia y Aprendizaje*, 24(4), 475-490.

MÓRTIMER, E.; AMARAL, L. (1996, Julio) *A conceptual profile for molecule and molecular estructure.* International Conference on the Philosophy of Chemistry and Biochemistry and Adjacent Historical Problems. Athens, Grece.

MÓRTIMER, E.; MACHADO, A. (1996) Elaboração conceitual e linguagem na sala de aulas de Química e ciencia III Escola latinoamericana, Canela (99).

NATHAN, M. J.; KINTSCH, W. (1992) A theory of algebra word problem comprehension and its implications for unintelligent tutoring systems *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.

NIAZ, M. (1994) Más allá del positivismo: una interpretación lakatosiana de la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 12 (l), 97-100.

NETO, A. J.; VALENTE, M. O. (2001) Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: Una propuesta para su superación de raíz vygotskiana. *Enseñanza de las Ciencias* 19 (1), 21-30.

OCHOA ANGRINO, S.; ARAGÓN ESPINOSA, L. (2005) Comprensión lectora y funcionamiento metacognitivo en estudiantes universitarios. *Universitas Psychologica, Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá* (Colombia), 4 (2), 179-196.

OTERO, M. R. (1999) Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias. *Investigações em Ensino de Ciências* 4(2), 93-119.

OTERO, J. (1990) Variables cognitivas y metacognitivas en la comprensión de textos científicos: el papel de los esquemas y el control de la propia comprensión. *Enseñanza de las ciencias*, 8 (l), 17-22.

OTERO, J.; CAMPANARIO, J. M. (1990) “Comprehension evaluation and regulation in learning from science texts” Journal of Research in Science Teaching. 27(5), 447-460.

OVIEDO, R. D. (2005) Aportes para el estudio de las consignas de trabajo como mediadoras entre la enseñanza y el aprendizaje de la biología en el nivel secundario. *Enseñanza de las ciencias.* Número Extra. VII Congreso: 1-7.

PADILLA, K.; FURIÓ, C.; AZCONA, R. 2005. Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias,* Nº Extra. VII Congreso. pp 1-5

PADRÓN GUILLÉN, J. (1995) Conceptos para el análisis del texto instruccional impreso
URL: http://www.geocities.com/josepadron.geo/texto_instruc.htm

PAIVIO, A. (1990) The concept of representation. En: *Mental Representations. A dual coding approach.* Oxford University Press, New York. pp 16-32.

PARODI, G. (2005) Modelos y teorías de la comprensión En: *Comprensión de textos escritos.* Eudeba, Buenos Aires. pp 25-42

PELLON GONZÁLEZ, I. (1999) Los químicos españoles ante la teoría atómico química (1803-1890). *Anales de la real Sociedad Española de Química*. 4. pp 47-59

PEME-ARANEGA, C. (2006) El desarrollo profesional del profesorado de ciencias experimentales por medio de un proceso de autorreflexión orientado: Estudio longitudinal de casos. Tesis Doctoral. (p 184) Universidad de Extremadura, España.

PÉREZ MIRANDA, R.; GALLEGO BADILLO, R.; TORRES DE GALLEGO, L.N. (2005) Las competencias interpretar, argumentar y proponer

en química. Un problema pedagógico y didáctico. *Enseñanza de las ciencias. Número Extra. VII congreso,* 1-5.

POZO, J. I.; GÓMEZ CRESPO, M. A. (1998) El aprendizaje de la química. En: *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico.* Ediciones Morata, S. L. Madrid. España. pp 149-201.

POZO, J. I. (1989) El procesamiento de la Información como programa de investigación. En: *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Ediciones Morata, Madrid. pp: 39-60.

POZO, J. I. 1999. Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias*. 17(3), 513-520.

POZO J. I. (2000) La Estructura del Sistema Cognitivo. En: *Aprendices y Maestros: Hacia una Nueva Cultura del Aprendizaje.* Alianza Editorial, Madrid. pp: 127-128.

POZO, J. I. (2003) Buscando a Ha1 desesperadamente: de la psicología cognitiva a la psicología del conocimiento. *Anuario de Psicología*, Universitat de Barcelona 34(1), 3-28.

PRESSLEY Y AFFLERBACH What Readers Can Do When They Read: A Summary of the Results from the On-Line Self-Report Studies of Reading. En: *Verbal Protocols of Reading: The Nature of Constructively Responsive Reading.* Taylor & Francis, Inc.. pp 30-81

RIVAROSSA, A.; PERALES PALACIOS, F. J. La transformación de la pedagogía de los profesores universitarios de ciencias desde la reflexión: Una propuesta innovadora. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 33, 141-159.

RIVIÈRE, A, (1987) En. Pozo, J. I. (1989) Teorías cognitivas del aprendizaje (p 42) Ediciones Morata, Madrid.

RIVIÈRE, A. (1991) Orígenes históricos de la psicología cognitiva: paradigma simbólico y procesamiento de la información. *Anuario de Psicología*, 51. pp 129-155.

REYES, F.; GARRITZ, A. (2006) Conocimiento pedagógico del concepto de Reacción química en profesores universitarios mexicanos. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 11(31), 1175-1205.

REQUENA, M. (2003) El análisis de protocolo como técnica para la comprensión de los procesos de razonamiento. *Laurus*, 9(16), 79-96

ROGADO, J. 2004. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação.* 10 (1), 63-73,

SÁNCHEZ GIMÉNEZ, J. M. (1995) Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique* 5, 113-119.

SANFORD, A. J.; STURT, P. (2002) Depth of processing in language comprehension: not noticing the evidence. *Trends in cognitive sciences* 9 (6), 382-386.

SANJOSÉ LÓPEZ, V.; SOLAZ PORTOLÉS, J.J.Z; VIDAL-ABARCA GÁMEZ, E. (1993) Mejorando la efectividad instruccional del texto educativo en ciencias: primeros resultados. *Enseñanza de las ciencias*, 11 (2), 137-148.

SANTA ANA FERNÁNDEZ, E; CÁRDENES SANTANA, A.; MARTÍNEZ NAVARRO, F. (2002) "La cantidad de sustancia y el equivalente químico una aproximación histórica y didáctica. Implicaciones para la enseñanza de la química de bachillerato" Ponencia en el XX Encuentro de Didáctica de las

Ciencias Experimentales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. Tenerife. Comunidad Autónoma de Canarias. España.

SCHANK, R. C.; ABELSON, R. P. (1977) Scripts, plans, goals and understanding: an inquiry into human knowledge structures (p 248) .Hilsdale, NJ: Erlbaum Schank R C & Abelson R P.

SEVILLA MUÑOZ, M. (2003) Didáctica de la interpretación de textos producidos con códigos no verbales. *Didáctica (Lengua y Literatura)*, 15*:* 191-202.

SHULMAN, L. S. (2005) Conocimiento y enseñanza: Fundamentos de la Nueva Reforma. *Revista de curriculum y formación del profesorado*, 9(2), p 11.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J.; SANJOSÉ LOPEZ, V (2007) Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1), 70-89.

SOLAZ-PORTOLÉS, J. J. Y SANJOSÉ LOPEZ, V. (2008). Conocimiento previo, modelos mentales y resolución de problemas. Un estudio con alumnos de bachillerato *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 10 (1). URL**:** http://redie.uabc.mx/vol10/no1/contenido-solaz.html

SUTTON, C. (2003) Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las ciencias*, 21(1), 21-26.

TELLEZ, J. A. (2005) La comprensión de los textos escritos y la psicología cognitiva. Más allá del procesamiento de la información. Dykinson, Madrid.

TIJERO NEYRA, T. (2009) Representaciones mentales: discusión crítica del modelo de situación de Kintsch. *Onomázein* 19 (1), 111-138.

UGARRIZA CHAVEZ, N (2006) La comprensión lectora inferencial de textos especializados y el rendimiento académico de los estudiantes universitarios del primer ciclo. *Persona*, 9, 31-75.

VAN DIJK, T. A. (1994) Modelos en la Memoria. El papel de las representaciones de la situación en el procesamiento del discurso. *Revista Latina de Pensamiento y Lenguaje*, 2(1), 39-55.

VAN DIJK, T. A. (2004) From Text Grammar to Critical Discourse Analysis A brief academic autobiography. URL: http://www.discourses.org/

VERGARA VERDUGO, M.; VELÁSQUEZ RIVERA, M. (1999) Relación entre la comprensión de textos escritos y la experiencia metacomprensiva, *Revista Signos*, 32(45-46), 149-156

VYGOTSKY L. S. (1995) Pensamiento y palabra. En: *Pensamiento y lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas.* (pp 159-160) Ediciones Fausto, Buenos Aires.

WHEATLEY, G. H. (1984) Problem solving in school mathematics (MEPS Technical Report 84.01 School Mathematics and Science Center Purdue University West Lafayette, IN), pp 1.