

**UNIVERSIDAD DE BURGOS**  
**PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO**  
***ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS***

*Departamento de Didácticas Específicas*



***LA REPRESENTACIÓN SOCIAL QUE LOS ESTUDIANTES  
POSEEN ACERCA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS Y  
SU INCIDENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO***

**TESIS DOCTORAL**

**Liliana H. Lacolla**

**Burgos, junio de 2012**



**UNIVERSIDAD DE BURGOS  
PROGRAMA INTERNACIONAL DE DOCTORADO  
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

*Departamento de Didácticas Específicas*



**UNIVERSIDAD DE BURGOS**



**UNIVERSIDADE FEDERAL  
DO RIO GRANDE DO SUL**

**TESIS DOCTORAL**

**LA REPRESENTACIÓN SOCIAL QUE LOS ESTUDIANTES  
POSEEN ACERCA DE LAS REACCIONES QUÍMICAS Y  
SU INCIDENCIA EN LA CONSTRUCCIÓN DEL  
CONCEPTO DE CAMBIO QUÍMICO**

Tesis doctoral realizada por **D<sup>a</sup> Liliana H. Lacolla**, para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Burgos, bajo la dirección del **Dr. D. Jesús Ángel Meneses Villagrá** y la codirección de la **Dra. D<sup>a</sup> Nora Valeiras**

**Burgos, junio de 2012**



# RESUMEN

La experiencia demuestra que los jóvenes llegan al aula con una “química de sentido común” cuyas particularidades han sido largamente estudiadas. Pero sin embargo pocas investigaciones han considerado la necesidad de tener en cuenta la influencia de las variables sociales en la conformación de los conceptos en Química, ni las Representaciones Sociales (RS) acerca de los fenómenos químicos que los alumnos traen a la escuela.

Para comenzar a recorrer este camino, en primer lugar se hace necesario desarrollar un marco teórico que integra fundamentos conceptuales de las Representaciones Mentales, el cual permite delimitar la manera en que se entenderá en esta investigación la idea de Modelo Mental. De esta manera pueden empezar a comprenderse los modelos de sentido común tanto como los modelos científicos, como modelos de trabajo a los cuales los individuos recurren para explicar y predecir cuando se encuentran ante situaciones que deben afrontar.

A partir de este insumo se avanza en la incorporación de la Teoría de las Representaciones Sociales al análisis de las ideas previas que los estudiantes poseen acerca de algunos temas centrales de la Química, con el objetivo de ampliar la mirada sobre los problemas de aprendizaje que habitualmente se producen en esta área.

Especialmente se analiza la construcción de un concepto que ha sido considerado por diferentes investigadores como *estructurante* en la Enseñanza de la Química: el concepto de *Cambio Químico*, el cual aquí es asumido como un verdadero Campo Conceptual.

La investigación, llevada a cabo con un grupo de estudiantes de Escuela Media durante el ciclo escolar, determina la estructura de la RS que este grupo de alumnos comparte acerca del tema *reacciones químicas*.

Se realiza también una indagación en diferentes medios periodísticos para encontrar en las noticias la manera en que la sociedad entiende las

reacciones químicas, así como encuestas a diferentes actores sociales para comparar sus RS sobre esta temática con las que han sido detectadas en los estudiantes.

Este cruce de datos permite inferir que los modelos de sentido común a los cuales los estudiantes inicialmente recurren en el aula han sido constituidos sobre la base de las RS que poseen acerca de las reacciones químicas.

Posteriormente se desarrolla y aplica un Módulo Didáctico con la finalidad de analizar las modificaciones que se producen en la composición de la representación inicial de los estudiantes, así como las evidencias del nuevo modelo de cambio químico que están construyendo.

Estamos en una nueva etapa que ha comenzado en muchos países, en la cual se asume la importancia de lograr la alfabetización científica de todos los futuros ciudadanos. Por eso, cada vez más se hace imprescindible investigar acerca de las representaciones que los sujetos poseen respecto de muchos conceptos químicos que pretendemos enseñar en la escuela y que comparten con otros actores sociales.

Con ayuda de investigaciones como la presente se podrán planificar estrategias que consideren que en la construcción de los campos conceptuales que involucran los conceptos del *currículo* de Química intervienen también las representaciones socialmente compartidas que influyen en la adquisición de dichos saberes.

# ABSTRACT

Experience shows that young people come to the classroom with a "common sense chemistry" whose issues have been extensively studied. But however few investigations have considered the need to take into account the influence of social variables on the formation of concepts in chemistry, nor the social representations (SR) about the chemical phenomena that students bring to school.

To begin this journey, first it is necessary to develop a theoretical framework that integrates the conceptual foundations of mental representations, which allows to delimitate the way in which this research will understand the idea of mental model. In this way, it can begin to understand the common sense patterns as well as scientific models, as working models that individuals use to explain and predict when they are facing situations that must be confronted.

From this input on, it moves in the incorporation of the social representations theory to the analysis of previous ideas that students have about some central themes of chemistry, with the aim of expanding the view on the learning problems that commonly occur in this area.

It is particularly analyzed the construction of a concept that has been considered by various researchers as *structuring* in the teaching of Chemistry: the *Chemical change* concept, which is assumed here to be a real conceptual field.

The research, carried out with a group of middle school students during the school year, determines the SR structure of which this group of students shares the chemicals reactions topic.

An inquiry is also made in different news media to find in the news the way in which society understands chemical reactions, as well as surveys to different social actors to compare their SR about this topic which has been detected in the students.

This data junction allows inferring that the common sense models to which the students initially apply to in the classroom have been constituted on the SR basis which they possess about chemical reactions.

Afterwards it develops and applies a didactic module for the purpose to analyze the changes that could have occurred in the composition of the students initial representation, and the evidences of the new chemical change model which they are building.

We are in a new phase which has begun in many countries, in which it is assumed the importance of achieving scientific literacy for all future citizens. For this reason, it increasingly becomes indispensable to research about the representations that the subjects have on many chemical concepts that we intend to teach at school and that they share with other social actors.

With the help of research like this, it will be possible to plan strategies that consider that in the construction of conceptual fields involving the concepts of *curriculum* of chemistry also take place the socially shared representations that influence on the acquisition of such knowledge.

# **AGRADECIMIENTOS**

A los Directores de mi Tesis, Jesús Ángel Meneses Villagr  y Nora Valeiras.

A todos los Maestros que he tenido en la vida.

A mi familia.

# ÍNDICE

<b>CAPÍTULO 1: Problemas y objetivos de la investigación .....</b>	<b>15</b>
1.1 Introducción .....	17
1.2 Problema de investigación .....	20
1.3 Objetivos de la investigación .....	22
1.3.1 Objetivo general .....	22
1.3.2 Objetivos específicos .....	22
1.4 Importancia de esta investigación .....	22
1.5 Contenido de la Tesis .....	24
<b>CAPÍTULO 2: Introducción a los Modelos Mentales .....</b>	<b>27</b>
2.1 El progreso de la ciencia .....	30
2.2 La caída del positivismo y las nuevas filosofías de las ciencias (NFC) .....	33
2.3 El constructivismo .....	36
2.3.1 Conocimiento científico vs conocimiento cotidiano.....	38
2.4 Enseñanza de las ciencias como cambio de modelo .....	41
2.5 Representaciones mentales .....	44
2.5.1 El debate de los imaginistas y las posturas dualistas .	47
2.6 Los modelos mentales .....	49
2.7 Modelos mentales y esquemas .....	52
2.8 La polisemia del término modelo.....	55
2.9 Del cambio conceptual a la evolución de los modelos .....	58
2.10 Enseñanza de las ciencias y las representaciones sociales .	63

### **CAPÍTULO 3: Introducción a las Representaciones Sociales .... 67**

3.1	Producciones mentales de origen social .....	72
3.2	Características de la representación social .....	75
3.3	Conformación de una representación social .....	77
3.3.1	La objetivación .....	78
3.3.2	El anclaje .....	80
3.4	Enseñanza de las ciencias y representaciones sociales .....	82
3.4.1	Ideas previas .....	82
3.4.2	Actitud hacia la ciencia .....	84
3.5	Representaciones sociales. Algo más que ideas previas y actitudes .....	87
3.6	En resumen .....	90

### **CAPÍTULO 4: La combustión, una reacción química paradigmática ..... 95**

4.1	El concepto de cambio químico en la enseñanza .....	104
4.2	Dificultades surgidas de los tres niveles de representación de la materia .....	113
4.3	El lenguaje como vehículo de la modelización .....	118
4.4	A manera de resumen .....	122

### **CAPÍTULO 5: Las RS y la detección del núcleo central ..... 127**

5.1	Metodología empleada .....	133
5.1.1	Primera etapa .....	134
5.2	Enfoque desarrollado por el Módulo Didáctico .....	137
5.3	Desarrollo del Módulo Didáctico sobre “El cambio químico. Reacciones químicas de combustión y oxidación” .....	142

5.3.1 Una reacción química trascendental .....	144
5.3.2 La conservación de la masa .....	152
5.3.3 Aprendiendo a representar las reacciones .....	154
5.3.4 ¿Reacciones igual a explosiones? .....	157
5.3.5 Una reacción exotérmica muy importante para la Humanidad .....	159
5.3.6 La combustión, ¿puede contaminar el aire? .....	165

**CAPÍTULO 6: Las reacciones químicas en los medios de  
comunicación ..... 169**

6.1 Cómo se representan las reacciones químicas .....	174
6.2 Modelos transactivos .....	179
6.3 Determinación de la estructura de la RS .....	185

**CAPÍTULO 7: Resultados y conclusiones ..... 191**

7.1 Tratamiento de los datos evocados.....	194
7.1.1 Resultados obtenidos .....	195
7.1.2 Tablas de frecuencia .....	199
7.2 La RS de reacción química .....	200
7.3 ¿Qué camino recorren las RS de los estudiantes? .....	204
7.4 Otros indicadores de la conformación del concepto de cambio químico .....	207
7.4.1 Actividades de cierre .....	216
7.5 Conclusiones finales .....	223
7.6 Algunas recomendaciones para la enseñanza del tema .....	229
7.7 Sugerencias para futuros trabajos .....	233

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 237**



# **CAPÍTULO 1**

## **PROBLEMAS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**



# CAPÍTULO 1

## Problemas y objetivos de la investigación

*"... aprendemos principalmente lo que somos capaces de representar."*

Serge Moscovici, 1986

### 1.1 Introducción.

En el área de la Didáctica de las Ciencias, las concepciones alternativas de los estudiantes, también conocidas como ideas previas o *misconceptions*, han sido una fuente de investigación muy importante desde hace más de 20 años (Driver et ál.,1989; Furió, 1996; Pozo et ál., 1991). Dentro de este cuerpo de conocimientos, y ya en el terreno de la Enseñanza de la Química, también hay un extenso material surgido de investigaciones respecto de cómo ven los jóvenes estudiantes el mundo y sus cambios, al tener sus primeras aproximaciones a esta disciplina en la escuela. (Limón et ál.,1997; Llorens Molina, 1991; Caamaño et ál.,1983, Carbonell et ál.,1987).

Es aceptado, por ejemplo, el hecho de que los estudiantes conciben la materia de manera continua, sin espacios vacíos (lo cual resulta consistente con sus observaciones cotidianas) y esta concepción dificulta el abordaje de muchas temáticas centrales de la Química (Benarroch, 2000; Pozo y Gómez Crespo, 2002; Gutiérrez et ál., 2002).

En una revisión acerca de las ideas más usuales que los jóvenes manifiestan respecto del cambio químico, Andesson (1990) encuentra que éstas pueden agruparse en cinco categorías: desaparición, desplazamiento, modificación y transmutación, además de la respuesta considerada correcta de interacción química. Para el citado autor todas estas ideas erróneas están asociadas con la concepción continua (y estática) de la materia que ellos poseen y esta visión es compartida por muchos otros investigadores (Prieto Ruz y Watson, 2007).

Por otro lado, la temática de cambio químico se considera un contenido central, un concepto estructurante dentro de la enseñanza de la Química

(Izquierdo et al 2007; Merino Rubilar, 2009), es decir un concepto cuya construcción “*transforma el sistema cognitivo, permitiendo adquirir nuevos conocimientos, organizar los datos de otra manera, transformar incluso los conocimientos anteriores*” (Gagliardi, 1986).

Las investigaciones, a lo largo de los años, han reconocido el papel que juegan las ideas previas de los alumnos en la construcción de los conceptos en general, y en el caso particular del cambio químico, este hecho no puede dejarse de lado, razón por la cual muchos plantean la necesidad de pensar en estrategias que lleven al cambio conceptual. (Kind, 2004; Duschl, 1995; Pozo et ál., 2007) ya que es un hecho comprobado que los estudiantes tienden a mantener sus modelos de sentido común, que persisten pese a la enseñanza recibida en ciencias. Esta afirmación implica que, ante la necesidad de predecir, al enfrentarse a situaciones problemáticas, recurren a sus conocimientos cotidianos, sus esquemas, los modelos mentales que han construido para explicar los fenómenos de la naturaleza. (Osborne et ál., 1991; Liu, 2001). Esta situación refuerza la necesidad de que la Enseñanza de las Ciencias continúe en la búsqueda del mejor camino para ayudarlos a construir un modelo más cercano al de las explicaciones científicas.

En el caso concreto del cambio químico, las investigaciones muestran que los estudiantes tienen una idea prototípica de los fenómenos de la vida cotidiana, tales como la combustión y la oxidación (Pozo et ál., 1991). Evidentemente esta visión es coincidente con experiencias diarias, como las que ocurren al quemar leña o carbón, que establecen un arquetipo para entender estas reacciones. Sus percepciones les han llevado a construir un modelo que utilizan para predecir, respecto de cambios químicos como los mencionados, aunque en el aula se manifiestan muchas veces de manera errónea. Es que, aunque estos modelos pueden resultarles útiles a los individuos para predecir y explicar el mundo cotidiano, también pueden constituirse en obstáculos para la comprensión de algunos conceptos científicos.

En esta Tesis, se parte del postulado de base que la construcción del concepto estructurante *cambio químico* se ve atravesada por la interpretación que a nivel social se le otorga a este concepto. Probablemente la primera imagen que se produce en la mente de cualquier

individuo al pensar en una reacción química sea una explosión, un cambio de color o una señal muy evidente de que algo ha ocurrido. Y esto es así porque su mente ha construido una representación de lo que la sociedad entiende por este concepto. No en vano es posible apreciar en los dibujos animados, historietas y también en muchas imágenes y películas un sin fin de reacciones químicas que poseen características como las señaladas.

Los jóvenes llegan al aula con una “química de sentido común” que presenta particularidades largamente estudiadas en otras investigaciones. Pero muy pocas han considerado la necesidad de tener en cuenta la influencia de las variables sociales en la conformación de los conceptos en Química, ni las Representaciones Sociales (RS) acerca de los fenómenos químicos que los alumnos traen al aula (Bender et ál., 2009). Tal como afirman Naranjo Zuluaga y Segura Contreras (2009) *“En cuanto a la Química, se hace necesario ahondar en el tema de la RS de la misma para enriquecer de alguna manera los escasos conocimientos que se tienen en el escenario del aprendizaje de la misma.”*

Se propone entonces, en este trabajo, la necesidad de considerar las ideas científicas de sentido común que traen al aula los estudiantes, a la luz de las interacciones sociales que generan conocimiento socialmente compartido.

De esta manera se podrá incorporar la Teoría de las Representaciones Sociales (RS) al análisis de las ideas que los estudiantes poseen acerca de algunos temas centrales de la Química, con el objetivo de ampliar la mirada sobre los problemas de aprendizaje que en esta área se producen habitualmente. Tal como expresan Wagner y Flores-Palacios (2010) al referirse a su investigación acerca de la influencia de las RS en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas: el estudio de las Representaciones Sociales favorece *“la comprensión del conocimiento cotidiano en una cultura determinada”*.

Para Moscovici (1979) las RS se pueden definir como:

*“(…) una modalidad particular del conocimiento, cuya función es la elaboración de los comportamientos y la comunicación entre los individuos... La representación es un corpus organizado de conocimientos y una de las*

*actividades psíquicas gracias a las cuales los hombres hacen inteligible la realidad física y social, se integran en un grupo o en una relación cotidiana de intercambios, liberan los poderes de su imaginación”.*

Serge Moscovici originó esta línea de investigación mediante un estudio acerca del significado que adquiriría el inicio de la práctica del psicoanálisis en la sociedad en la cual se comenzaba a imponer esta disciplina; posteriormente se han realizado numerosas investigaciones relacionadas, por ejemplo, con representaciones que la gente posee sobre la salud, la vejez y el bienestar o la política entre otros aspectos. (Santana et ál., 2009; Oliveira et ál., 2008; Eslava Albarracín et ál., 2002).

Esta mirada ha sido utilizada inicialmente en el ámbito de las Ciencias Sociales, en investigaciones que determinaron de qué manera ingresa a la sociedad la comprensión de un fenómeno desconocido, demostrando que cuando los conceptos científicos surgen en la misma, los individuos tratan de interpretarlos desde su conocimiento cotidiano. Por una serie de procesos toma cuerpo la representación social que transforma los términos desconocidos en una "ciencia popular", que además incide sobre la manera de ver las cosas y de actuar de todos quienes pertenecen a una determinada casta social (Moñivas, 1994).

## **1.2 Problema de investigación.**

En esta Tesis se considera la necesidad de aplicar la noción de RS a la investigación sobre las prácticas escolares, y aunque es un campo bastante novedoso, ya ha sido estimado en otras investigaciones recientes (Chacoma et ál., 2008; Graca et ál., 2004; Mazzitelli et ál., 2010; Barbosa Abdalla et ál., 2010 y Cardoso Bravo, J., 2011 entre otros).

Se propone, entonces, recurrir a este marco teórico para analizar la incidencia de las representaciones sociales que los estudiantes poseen sobre el tema *cambio químico* sobre la construcción de dicho concepto y cómo se van modificando las mismas a lo largo de su aproximación científica a la temática en la escuela. De esta manera nos preguntamos:

¿Tienen nuestros estudiantes una RS del cambio químico? ¿Es posible analizar la modificación de la concepción que los estudiantes poseen respecto de esta temática a la luz de las Representaciones Sociales?

Este cuestionamiento inicial hace lugar a la presente investigación y genera una lista de interrogantes.

En definitiva, en esta Tesis se asume la relación entre las Representaciones Sociales (RS) y la construcción de algunos conceptos que pretendemos enseñar en el aula de ciencias, tales como el concepto de cambio químico.

El punto de partida es la aceptación de que, tal como muestran las investigaciones, los estudiantes llegan al aula de ciencias con modelos implícitos de sentido común que les permiten explicar los fenómenos naturales, a los que recurren también para predecir. Algunos autores destacan también la polisemia del término modelo y la confusión a nivel investigación educativa que así se genera (Moreira et al., 2002; Greca y Moreira, 2002; Izquierdo y Merino, 2009). Resulta por lo tanto imperioso, en primer lugar, definir qué entendemos por modelo de sentido común para más adelante detectar sus relaciones con las RS. También abordaremos las diferencias que presentan estos modelos con los llamados modelos científicos, tal como van a ser entendidos en esta investigación.

Las preguntas de partida a las que se pretende dar respuesta son las que a continuación se desarrollan:

- Los modelos que los estudiantes utilizan para explicar y predecir en referencia a ciertos conceptos de la química, ¿han sido constituidos sobre la base de las RS que poseen acerca de dichos fenómenos?
- ¿Poseen los estudiantes una RS acerca de las reacciones químicas antes de abordar el estudio del proceso de cambio químico en el aula?
- ¿Cuál es la constitución de la citada RS?
- La constitución de la RS, ¿puede sufrir modificaciones mediante un proceso de enseñanza dirigida?

- ¿Cuáles son las modificaciones que pueden sufrir la constitución de la RS si media un proceso de enseñanza dirigida?

### **1.3 Objetivos de la investigación.**

Para responder a estos interrogantes, nos proponemos los siguientes objetivos:

#### **1.3.1 Objetivo general.**

Caracterizar las ideas de sentido común que los alumnos poseen acerca del concepto de cambio químico bajo la Teoría de las Representaciones Sociales y determinar si las citadas concepciones se modifican después del proceso de instrucción.

#### **1.3.2 Objetivos específicos.**

- ✓ Determinar las ideas de sentido común de los estudiantes acerca de los cambios químicos antes de desarrollar esta temática en el aula.
- ✓ Caracterizar la constitución de las RS que los alumnos poseen respecto de dicha temática. Identificar las regiones de dicha RS según la Teoría del núcleo central: núcleo y periferia
- ✓ Analizar posibles cambios en la RS después de la instrucción: tanto en el núcleo como en la zona periférica de la misma.
- ✓ Verificar si resuelven situaciones problemáticas recurriendo a nuevos modelos después de la instrucción.

### **1.4 Importancia de esta investigación.**

La construcción de la noción de *cambio químico* (más adelante veremos que se trata de un verdadero Campo Conceptual) es difícil de lograr ya que, como otros conceptos de la Química, reúne en ella factores que pertenecen al nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico, tal como ha sido ya abordado en numerosas investigaciones (Johnstone, 1982; Gabel 1999; Johnstone 2010). Nosotros proponemos que la conceptualización de esta

noción por parte de nuestros estudiantes demanda también componentes de origen social.

Para quienes nos desempeñamos en el aula, en escuelas de enseñanza media como docentes de Química, resulta innegable que los estudiantes poseen modelos de sentido común respecto de los conceptos y procesos que abordamos desde nuestra asignatura.

Si bien, tal como se ha venido discutiendo en párrafos anteriores, abunda la investigación respecto de las ideas que nuestros alumnos traen al aula antes de iniciar sus estudios formales, estas investigaciones han sido abordadas desde marcos teóricos diferentes. En un principio las ideas detectadas (*misconceptions*) fueron clasificadas con el objetivo de armar estrategias para que los alumnos pudieran alcanzar el cambio conceptual (Andersson 1990; Furió 1996; Horton 2004). Se constituyeron así verdaderos catálogos de las ideas que los estudiantes poseen respecto de todos los temas que son abordados en todos los campos del conocimiento científico en el aula. Los investigadores se preguntaban tiempo después respecto de las *misconceptions*, "... ¿qué hacemos con ellas?" (Pozo, 1996). Poco a poco esas estrategias fueron abandonadas debido al escaso éxito alcanzado en la sustitución de estas ideas tan persistentes. Se mantiene así el interés de los investigadores por encontrar el motivo de su fuerte persistencia a cualquier reemplazo que se intente mediante la enseñanza formal.

En la propuesta de esta Tesis, se considera la necesidad de tener presente la perspectiva social al analizar la construcción de los conceptos científicos en el aula. Especialmente en el caso del cambio químico, se propone analizar el papel que juegan las Representaciones Sociales en la constitución de dicho concepto fundamental.

Un concepto tan importante, que resulta estructurante en la enseñanza y el aprendizaje de la Química parece ser difícil de construir ya que incluye en él una carga teórica sumamente vasta (del Pozo, 1998). Pero además, aquí se propone que este camino se ve dificultado si el proceso es intersectado por las representaciones sociales que poseen los estudiantes al respecto.

En esta investigación se considera que la construcción de los conceptos científicos tiene un plano de central relevancia que pasa por la interacción del individuo en la sociedad en la cual se desenvuelve, y por tal motivo se asume que la Teoría de las Representaciones Sociales puede dar el marco apropiado para su realización.

De esta manera se pretende abordar un terreno aun fértil como es el estudio del campo social como origen de las dificultades de aprendizaje de algunos conceptos estructurantes de la Química.

## **1.5 Contenido de la Tesis.**

El contenido de esta Tesis se ha distribuido en siete capítulos. En la presente Introducción se busca señalar los fundamentos que han llevado al investigador a tratar de encontrar respuesta a las preguntas planteadas y la importancia que adquiere esta investigación en el marco de la Enseñanza de la Química encuadrada en las Representaciones Sociales de los estudiantes. También se esbozan los objetivos que enmarcan el trabajo.

En el capítulo segundo se desarrolla un marco teórico que se considera fundamental, como son los fundamentos conceptuales de las llamadas Representaciones Mentales. Se cree necesario entrar en este tema para delimitar la manera en que se entenderá en esta investigación la idea de modelo mental, ya sea de sentido común o científico, como modelo de trabajo al cual los individuos recurren para explicar y predecir cuando se encuentran ante situaciones que deben afrontar. Se explicita también qué diferencias fundamentales existen, según distintas investigaciones, entre los citados modelos científicos y los modelos de sentido común para aclarar en qué sentido se tomarán estas nociones, dada la conocida polisemia del término. Este recorrido permitirá caracterizar las diferencias que se considera que existen entre el modelo de sentido común de cambio químico que traen al aula los estudiantes y el modelo científico (escolar) que pretendemos que adquieran.

El capítulo tercero se relaciona con la Teoría de las Representaciones Sociales. En un primer momento se abordan los orígenes Sociológicos de esta Teoría y sus alcances, según posturas de diferentes investigadores, así como los mecanismos de conformación de las RS y las zonas que

presentan. Se mencionan algunas investigaciones realizadas en el marco de las Ciencias Sociales y también pesquisas más recientes que muestran como este constructo puede adecuarse a otro tipo de indagaciones.

En el capítulo cuarto se destaca la importancia que, para diferentes investigadores, tiene la construcción del concepto de *cambio químico* y porqué se lo considera estructurante. También se analizan los obstáculos que impiden la construcción de los conceptos en Química que han sido estudiados por varios autores, desde diferentes marcos teóricos. Se desarrollan fundamentalmente las dificultades que provienen de los tres niveles de representación que marcan las características particulares de la Química: nivel macroscópico, nivel submicroscópico y nivel simbólico, en relación con la construcción del concepto de *cambio químico*.

El quinto capítulo comprende la descripción de la metodología utilizada en esta investigación, basada principalmente en la Teoría del Núcleo Central de las Representaciones Sociales, aplicada en este caso a la detección de las RS que poseen los alumnos respecto del tema *cambio químico*. En éste capítulo se detalla la manera en que el programa EVOC es habitualmente utilizado para la detección del núcleo y periferia de una RS y cómo se delinean en este trabajo, mediante este programa y otras metodologías, las representaciones que los estudiantes traen el aula, antes del contacto formal con el desarrollo del tema.

A continuación, en el mismo capítulo, se desarrolla y justifica el módulo que ha sido preparado para el abordaje en el aula de los temas relativos a las reacciones químicas, de acuerdo con los planes de estudio vigentes. En este abordaje, no sólo se tienen en cuenta los aspectos relacionados con los diferentes niveles de representación de la Química concernientes al *cambio químico*, sino también se da importancia a los aspectos y características sociales de dicho concepto. Se especifican actividades propuestas para que los estudiantes puedan explicitar sus modelos implícitos de sentido común y se comenta de qué manera se los apoya en la construcción de modelos explícitos científicamente válidos. Además se examinan diferentes situaciones problemáticas a las cuales se los somete, a fin de evidenciar la construcción (o no) del modelo esperado.

En el capítulo sexto se exponen los resultados de una indagación realizada recurriendo a Internet y mediante los buscadores más comunes, en forma de sondeo de noticias publicadas en medios periodísticos, y relacionadas con el tema “reacciones químicas”. Estas acciones permiten delinear las representaciones que la sociedad comparte respecto de esta temática, cuyas características se completan mediante encuestas de tipo evocación que se llevan a cabo a un grupo aleatorio de personas del mismo medio social que los estudiantes del grupo investigado. Estas primeras determinaciones sirven de marco de referencia comparativo a la indagación que fuera llevada a cabo con los jóvenes estudiantes.

En el capítulo séptimo se exponen y analizan los diferentes resultados obtenidos a lo largo de la investigación: aquellos que provienen de la evocación inicial de los alumnos, así como los datos que fueron recogidos después de la aplicación del módulo de instrucción, nuevamente a través del programa EVOC. De esta manera se evalúa la composición inicial de la RS y la modificación que hubiera ocurrido del núcleo y periferia de la misma.

Además se plantean y analizan situaciones problemáticas desarrolladas durante la instrucción y que han sido utilizadas para determinar la evidencia del modelo mental al que los estudiantes recurren al resolverlas. También se exponen las categorías de análisis que se han considerado para determinar la conformación de la RS.

Por último, se enuncian conclusiones que surgen del estudio y se plantean expectativas de futuro.

# **CAPÍTULO 2**

## **INTRODUCCIÓN A LOS MODELOS MENTALES**



## CAPÍTULO 2

### Introducción a los Modelos Mentales

*El conocimiento cotidiano de interpretación de la realidad es tan válido como el conocimiento científico. Ambos tipos de conocimiento interactúan en un sistema complejo de pensamiento.*

García, Rolando (2000)

En este Capítulo se hace una muy brece introducción al modo en que ha cambiado la concepción de ciencia a lo largo del pasado Siglo XX y de qué manera este cambio ha influido en el modo de plantear la Enseñanza de las Ciencias en el aula.

Entre las repercusiones del cambio de paradigma se destaca el fin de la concepción de la mente del estudiante como una *tabula rasa* para empezar a considerar las ideas que traen al aula de manera previa a sus primeros contactos con la enseñanza de las ciencias y los obstáculos que en tal sentido se establecen.

Como una manera de tratar de entender estas “ideas previas” resistentes al cambio se hace necesario analizar diferentes posturas respecto del formato que adquieren las representaciones internas en la mente de los individuos. También se aborda la controversia que se plantea entre quienes creen que el conocimiento cotidiano es de naturaleza diferente al conocimiento científico y quienes piensan en una continuidad entre ambos.

Para considerar de manera integral el modo en que los individuos se enfrentan a la resolución de situaciones problemáticas se hace referencia a la posición de Johnson Laird en relación con los modelos mentales. Se complementa la postura de dicho autor con otros que, como Karmiloff Smith (1992), retoman la idea de esquemas conceptuales de Piaget. El objetivo es sintetizar la manera de actuar de los individuos frente a situaciones nuevas, tomando aportes de las diferentes teorías estudiadas, cuestiones que servirán de marco a la justificación del Módulo con el que se planteará más adelante la enseñanza del proceso de Cambio Químico en el aula.

Toda esta introducción permitirá confirmar que, encontrar explicación a las ideas que los alumnos traen al aula tanto como intentar determinar el establecimiento de estructuras mentales acerca de ciertos temas básicos de la Enseñanza de la Química es complejo. En tal sentido se hace referencia a los escasos resultados que ha alcanzado la estrategia educativa basada en el intento de lograr el cambio conceptual.

Los obstáculos que enfrenta la enseñanza de las ciencias se caracterizan finalmente en términos de representaciones. Al respecto Galgovsky y Aduriz-Bravo (2001) afirman que *“una dificultad importante que impide que se produzcan aprendizajes significativos son las grandes diferencias entre las diversas representaciones idiosincrásicas que construyen los alumnos acerca del mundo natural y las correspondientes representaciones científicas.”*

Se propone entonces la necesidad de remitirnos a otros marcos, como la Teoría de las Representaciones Mentales, para apoyar la búsqueda de explicaciones a estas dificultades.

## **2.1 El progreso de la ciencia.**

Es imprescindible enmarcar las posturas que adoptamos en la Enseñanza de las Ciencias en las diferentes maneras que, a lo largo del tiempo, se han concebido a la Ciencia y sus modos de acción, ya que las posturas epistemológicas vigentes en cada época permiten entender las representaciones acerca del conocimiento científico en la escuela. Por tal motivo haremos un breve recorrido histórico para delinear los cambios en estas concepciones.

A partir de la revolución científica del siglo XVII de la que Copérnico, Galileo y Bacon son algunos representantes, surge una concepción del conocimiento científico basada de manera fundamental y casi exclusiva en la percepción de los sentidos (empirismo). Entre sus seguidores podemos nombrar a los positivistas y los positivistas lógicos del Círculo de Viena, corriente científica que tiene su máximo esplendor a partir de los años 30. Sus cultores proponen una imagen de la ciencia que reúne características que pueden encontrarse hasta el día de hoy implantadas en las

instituciones científicas y educativas en general. Entre estas características podemos reconocer:

- ✓ **La fe en el progreso de la Ciencia.** Es decir que todo nuevo conocimiento nos acerca al conocimiento de "la" verdad. Como consecuencia de esta postura, no se prevé ningún conflicto entre el conocimiento antiguo y el nuevo ya que todo va encajando pieza por pieza, como los ladrillos de un edificio, el "edificio del saber". Es evidente que desde esta concepción se propicia una visión acumulativa del conocimiento, que también se refleja en los métodos de enseñanza que se adoptan.
- ✓ **El antropocentrismo,** que lleva a creer que tanto el Universo como la Naturaleza están al servicio del hombre. En esta postura el hombre tiene una ubicación de privilegio y un accionar tendiente a dominar al medio.
- ✓ **La cuantificación.** En pocas palabras, implica que el conocimiento que se puede expresar numéricamente es mejor que el cualitativo. Esta postura lleva a descalificar el saber cualitativo por considerárselo poco riguroso.
- ✓ **El método hipotético - deductivo** se concibe como la única forma de acceder al conocimiento.
- ✓ **La observación objetiva** es plenamente confiable. Los hechos son los que cuentan y no hay lugar para las especulaciones: una observación puede admitir un sólo análisis correcto.
- ✓ **El método científico** (observación - inducción - deducción) es el aceptado por el hombre de ciencia, quien es absolutamente neutral y se limita a seguirlo. Mediante este método se genera un conocimiento infalible y de esta manera la Ciencia acercará al Hombre, de manera segura y progresiva, al conocimiento exacto de la realidad tal como es y lo conducirá a la Verdad sin posibilidad de discusión.

Esta visión del mundo, que dio marco también a la educación durante toda la primera mitad del siglo XX, evidentemente fue la que propició la

hegemonía del “paradigma conductista” que se impuso aproximadamente a partir de 1913. En esta realidad empirista, avalada por el marco social deslumbrada por los avances de la ciencia en general y fundamentalmente en el campo de la Física, encuentran auge las diversas propuestas que, basadas en criterios asociacionistas, intentan diseñar tareas de aprendizaje. En tal sentido, las teorías asociacionistas partían del criterio de que *"la conducta de un organismo, ya fuera una rata, un chimpancé, un poeta lírico o un viajante de lencería podía reducirse siempre a las condiciones (asociaciones de estímulos y respuestas) en que se había generado esa conducta"* (Pozo, 1998).

El concepto que se tenía de un alumno era equivalente a una *tabula rasa*, del cual podría obtenerse un buen resultado si se aplicaba el instrumento adecuado. Evidentemente esta concepción sesgó la educación de toda la primera parte del siglo y todavía pueden encontrarse algunos rasgos de esta postura en nuestras instituciones educativas.

Entre los conductistas más famosos, Thorndike “concibió el aprendizaje por ensayo y error como un asunto de fortalecer asociaciones” (Gagné, 1987) y de igual modo se estudiaron como asociaciones las respuestas condicionadas de Pavlov y las respuestas operantes analizadas por Skinner. Estos estudiosos de las formas básicas del aprendizaje, recurrieron al análisis de las características del aprendizaje por asociación para verificar las condiciones que propician esta conexión estímulo/respuesta y para lograrlo partieron tanto del estudio de sujetos humanos como animales.

En una breve reseña de algunos conductistas famosos podemos citar a Watson, el “padre del conductismo”, que reducía el aprendizaje a una serie de conexiones estímulo/respuesta cuya contigüidad es suficiente para producirlo. Para sus estudios utilizó los principios de *frecuencia* y *de lo reciente* con los que explicó la necesidad de relacionar temporalmente la respuesta a un estímulo concreto, como por ejemplo la nota que recibe un alumno en relación con lo que ha estudiado. Debemos reconocer que esta asociación conductista está presente casi un siglo después todavía en nuestras aulas.

Para Gagné (*opus cit.*) puede hablarse de tres tipos de aprendizaje asociativo: en primer lugar sitúa los estudios de Pavlov alrededor de 1927 y su “respuesta condicionada clásica” que todos recordamos en función de los experimentos con su perro. Pavlov identificó el reflejo condicionado y logró asociarlo (después del aprendizaje) con un estímulo o señal. También analizó y describió las condiciones de este tipo de aprendizaje y algunas de sus características.

El segundo tipo de aprendizaje por asociación suele llamarse “condicionamiento operante o instrumental”. Su principal diferencia con el condicionamiento clásico radica en el hecho de que la respuesta que el individuo da ante un estímulo ya no es un reflejo condicionado. Podemos recordar muchos trabajos con animales en cajas o laberintos que lograban aprender cómo salir o alimentarse a través del reforzamiento de ciertas conductas. Skinner explica este tipo de aprendizaje no como un simple ensayo y error sino como una especie de aproximaciones o moldeamiento producidos por el refuerzo hasta lograr la respuesta adecuada.

Gagné (*op. cit.*) habla de una tercera clasificación de aprendizaje asociativo, el aprendizaje por asociación verbal. Plantea que los seres humanos aprenden a dar respuestas verbales ante estímulos que son palabras o pares de palabras y que la asociación no es más que la conexión aprendida entre una palabra y otra. Pero al comenzar a interesarse por lo que ocurre dentro de “la cabeza” del alumno Gagné se aleja parcialmente del conductismo tradicional y comienza a analizar la información verbal, las actitudes y las estrategias cognitivas. En este sentido puede considerarse que Gagné es un neo conductista que establece el puente entre el conductismo tradicional y las teorías cognitivas que poco a poco se van imponiendo.

## **2.2 La caída del positivismo y las nuevas filosofías de las ciencias (NFC).**

Sin embargo, a medida que los ideales positivistas de la *fe en el progreso de la ciencia* caen ante diversos hitos históricos, como la Segunda Guerra Mundial o la existencia de cada vez mayores desigualdades en la sociedad, comienzan a perfilarse otras posturas epistemológicas.

En este contexto, es conocida la postura de Karl Popper, quien plantea que “el problema lógico de la inducción necesita una reformulación” (Popper, 1995), así como también revisa el criterio de demarcación de lo que puede considerarse conocimiento científico. Él postula que el científico no llega nunca al conocimiento de "la" verdad, sino que sólo puede lograr un aumento de certeza, es decir una mayor aproximación a la verdad.

Además propone un camino de progreso científico totalmente distinto al que planteaban los positivistas: afirma que la ciencia progresa buscando anomalías, es decir hechos que no sean explicables por las teorías vigentes. De esta búsqueda surge el conocimiento, que es sólo provisional, temporalmente útil, es decir a la espera de una posible falsación.

Es evidente la diferente posición que asume Popper, sobre todo a partir del carácter provisional que atribuye al conocimiento, respecto del positivismo que rigió en las comunidades científicas y también en los ámbitos educativos.

Finalmente, otras posturas posteriores dentro de las NFC creen que buscar la falsación de las teorías, como lo afirma el falsacionismo, tampoco parece adecuarse a lo que persigue el científico con su trabajo. Para estas corrientes no es la refutación de las propias teorías lo que busca el científico, sino que en realidad trabaja con el propósito de confirmarlas, de demostrar su utilidad.

Las llamadas Nuevas Filosofías de la Ciencia (NFC) critican también el método hipotético-deductivo como único modo de alcanzar el conocimiento y el papel directivo que se otorga a la lógica en el proceso del descubrimiento científico, afirmando que durante el acto creativo del científico interviene mucho menos la lógica que otros procesos racionales.

Las posturas de estos nuevos filósofos de las ciencias hacen hincapié en la realidad histórica que demuestra que la ciencia es mutable y cambiante y que el conocimiento científico actual es susceptible de ser transformado. Entre ellos es conocido el planteo de Thomas Kuhn quien había iniciado su carrera como físico y publica su obra *The structure of scientific revolutions* en 1962. Este científico, al estudiar Historia de la Ciencia, observó que a lo

largo del tiempo ésta avanza de una manera que él llama revolucionaria y coloca en un lugar central los factores socio- psicológicos a la hora de explicar su evolución.

A partir de la interpretación de Kuhn sobre las revoluciones científicas, se comienza a hablar de una *concepción no standard de la ciencia* en la cual cambian las preguntas relevantes acerca de la misma, adquiriendo otro papel la pregunta acerca de la objetividad.

También la propuesta de Imre Lakatos en “*La Metodología de los programas de investigación*” (1989) brinda una visión diferente del progreso de la ciencia: En la epistemología lakatosiana la ciencia progresa a través de la competencia entre los programas de investigación, que, a diferencia de los paradigmas kuhnianos, no son inconmensurables. Se decide entre los rivales en base a consideraciones de eficacia y conveniencia; así los *programas eficientes* son aquellos que conducen a nuevos descubrimientos y resolución de problemas.

Cabe hacer referencia a otro epistemólogo de la época que marca un hito no solo en el campo de la filosofía de las ciencias, sino también en el área de las teorías cognitivas del aprendizaje. Jean Piaget desarrolla toda una teoría psicogenética desde la epistemología. También él, a principios del siglo XX, produjo certeros ataques a quienes constituían el fundamento de la Filosofía de la Ciencia de entonces: los empiristas lógicos de Círculo de Viena.

El punto de partida de la epistemología constructivista a la que Piaget dedicó más de sesenta años de investigaciones fue desprender a la epistemología del dominio de la filosofía especulativa y darle un carácter científico.

Piaget analiza los mecanismos por los cuales se puede avanzar en el conocimiento científico, y en una postura similar a la de Kuhn, sostiene que no hay un progreso por acumulación. En su modelo el conocimiento se desarrolla en forma secuencial, pero a diferencia de Kuhn, no cree que una etapa niega la anterior, sino que la incorpora, acercándose en este aspecto a Bachelard. Recordemos que Bachelard (1972) proponía que en la construcción del conocimiento, la última construcción científica rectifica la

anterior y postula que la ciencia progresa rectificando errores: “*La astronomía de Newton es finalmente un caso particular de la Panastronomía de Einstein, como la geometría de Euclides es un caso particular de la Pangeometría de Lobatchewsky*” (Bachelard, *op.cit*).

Para Piaget, el conocimiento no puede existir sin el sujeto y se produce mediante un equilibrio entre la *asimilación* y la *acomodación* durante el cual sujeto y objeto son modificados. Pero en esta postura conocer es actuar y por lo tanto el conocer deja de ser mera contemplación ya que modifica al medio. El conocimiento se convierte así en el resultado de una estructuración debida a la actividad del sujeto y por lo tanto no es la mera copia de lo real.

En otras palabras, desde sus investigaciones Piaget afirma que el conocimiento no es jamás copia pasiva de la realidad externa, sino creación continua, asimilación transformadora. Su planteo es más epistemológico que psicológico.

El surgimiento de la Epistemología Genética constituye una alternativa frente al apriorismo y al empirismo: el conocimiento no es entonces innato ni es el producto de algún tipo de intuiciones, pero tampoco es el producto de abstracciones y generalizaciones. El conocimiento para Piaget se construye: no es un estado sino un proceso.

### **2.3 El constructivismo.**

Toda esta “revolución” epistemológica en términos kuhnianos, da marco al surgimiento de lo que podríamos llamar el “paradigma constructivista” que reemplaza en la educación a mediados del siglo XX al conductismo y al asociacionismo.

Según Pozo (1998) la educación durante el siglo XX ha estado dominada principalmente por dos posturas antagónicas que pueden claramente identificarse: el conductismo y el constructivismo.

Como se ha visto, el conductismo es la teoría asociacionista que reinó sobre la educación casi desde principios de siglo bajo la vigencia del positivismo científico que imperaba en todos los órdenes sociales a partir

de su hegemonía científica. Pero en términos de Kuhn, puede decirse que las múltiples anomalías que iban apareciendo en los estudios sobre el condicionamiento como única forma de aprendizaje hicieron que el paradigma conductista entrara en crisis.

Si bien dentro de las teorías cognitivas pueden identificarse diferentes tendencias y distintos investigadores, es innegable que el primer nombre que se asocia con esta corriente dentro de la didáctica de las ciencias es justamente el de Jean Piaget, pese al origen epistemológico de su Teoría Genética. Y sus estudios han sido tomados frecuentemente como base y justificación de todo lo que se dio en llamar aprendizaje constructivo a partir de los años sesenta.

Las actuales posturas epistemológicas conciben a la ciencia como un proceso de construcción de modelos y teorías, por lo cual es entendible que el reflejo de las citadas posturas en el ámbito de la enseñanza y el aprendizaje debería ser el del constructivismo.

Algunas consecuencias de la adopción de este marco es que el aprendizaje no puede ya ser concebido, a partir de mediados del pasado siglo, como una actividad sólo acumulativa, ni mucho menos meramente reproducida, mientras que el conocimiento deja de ser una copia textual de la realidad. En otras palabras, el alumno deja de ser una *tábula rasa* en la cual imprimir los contenidos científicos, para convertirse en un activo constructor de los mismos.

En este marco y a partir de la década de los ochenta, fundamentalmente después del trabajo de Rosalind Driver (1985) aparecen numerosas investigaciones que hablan de las concepciones alternativas que los niños y adolescentes traen al aula antes de haberse iniciado en el estudio de las teorías científicas. Algunos investigadores encuentran una notable similitud entre estas preconcepciones y la noción de obstáculo epistemológico que Bachelard (1985) describe en su obra, ubicándolo tanto en “el desarrollo histórico del pensamiento científico como en la práctica de la educación...”. A partir de los citados trabajos de Driver surge un verdadero catálogo que da cuenta de las *concepciones* de sentido común en alumnos de diversas latitudes. Además, se plantea que una de las características esenciales que

presentan es su alta resistencia al cambio, incluso luego de extensos períodos de instrucción escolar.

Siguiendo estas premisas, se han bosquejado diferentes enfoques para enseñar ciencias conducentes a lograr un aprendizaje significativo por parte de los alumnos. Pero el principal problema al que se enfrenta el nuevo paradigma en la enseñanza de las ciencias es que, tal como lo señalan entre otros, Pozo y Gómez Crespo (1998), las concepciones que los alumnos poseen respecto de los conceptos científicos que se les enseñan resultan muy difíciles de modificar y en algunos casos sobreviven a largos años de instrucción científica.

Actualmente existen, como se ha dicho, listados de estas concepciones alternativas sobre casi todos los temas del curriculum de ciencias que se enseña en la escuela, sistematización que se inicia con *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia* (Driver *et al.* primera edición en inglés de 1985). En el capítulo I de dicha obra podemos leer al respecto: “Utilizaremos diversos términos para describir estas “entidades mentales” y cada uno con connotaciones ligeramente distintas. Algunos términos, como “noción intuitiva” o “intuición” se refieren a los orígenes de las ideas: otros como “concepción”, “regla” o “visión prototípica”, se relacionan con la generalidad del uso de las ideas. En ciertos casos, la organización de las ideas y la relación entre ellas se realiza mediante el empleo de expresiones como “estructura alternativa”, haciendo hincapié en la diferencia entre las ideas de los niños y la teoría científica aceptada.”

Entre las características que se atribuyen a estas concepciones encontramos que, tal como se ha dicho, se suelen identificar con los conocimientos cotidianos o de sentido común. Lo cual nos lleva a plantearnos la siguiente pregunta: ¿es el conocimiento científico diferente del conocimiento cotidiano?.

### **2.3.1 Conocimiento científico vs conocimiento cotidiano.**

Son muchos los investigadores que se han abocado a la tarea de establecer si existe un *continuum*, o no, entre el conocimiento de sentido común y el conocimiento científico. Hay quienes dicen que entre ambos existen características que son compartidas entre uno y otro tipo de conocimiento,

y también quienes sostienen que existe una discontinuidad epistemológica entre los mismos. Giere (1992) afirma “...después de todo, los científicos no son mas que seres humanos. Las representaciones internas que construyen los científicos no pueden ser de naturaleza tan radicalmente diferentes de las empleadas por cualquier persona. “

En cambio, Pozo y Gómez Crespo (1998) afirman que la incompatibilidad entre el conocimiento científico y el cotidiano reside en los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales en que se sustentan las concepciones alternativas de los estudiantes. Por lo cual, en el aprendizaje de la ciencia, se requeriría un cambio de conceptualizaciones, proveniente de cambiar las estructuras y supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales que subyacen a dichas teorías.

Pero desde las Ciencias Sociales también podemos hallar algunas investigaciones como la de Castorina (2003) que han llegado a la conclusión de que ambos tipos de conocimiento coexisten en el sujeto, y que cada cual se activa de acuerdo al ámbito en el cual se esté desarrollando el individuo.

Para Castorina, *op cit*, la supuesta “sencillez” del conocimiento cotidiano es muy discutible ya que “no todas las personas sin instrucción científica piensan y conocen lo mismo, y por ende, estos saberes le permiten resolver sus problemas – o no – de diferente manera”. El conocimiento de sentido común les sirve a las personas para manejarse efectivamente en el mundo y más que una dicotomía entre este tipo de conocimiento y el científico, para este autor, se podría hablar de un complejo sistema de pensamiento.

Karmiloff-Smith (1992), quien fuera discípula de Piaget, propone un recorrido evolutivo para explicar el desarrollo del pensamiento desde lo implícito y procedimental hacia las representaciones explícitas. Para ella, inicialmente, los niños aprenden de manera implícita, es decir no tienen conciencia de lo que están aprendiendo. Luego, su pensamiento se desarrolla, y esto implica que son capaces de redescubrir el mundo desde la primitiva forma implícita a formatos cada vez más y más explícitos, a conocimientos cada vez más verbales.

En esta postura, el desarrollo del sistema cognitivo humano es impulsado por acción del medio y también por los otros individuos con los que interactúa el sujeto. En tal sentido, y en una postura que no coincide con la visión de Piaget, asegura que la educación y el juego son formas de influir en la evolución del sistema de pensamiento de un niño.

Karmiloff-Smith hace referencia también a la existencia de varias esferas de la cognición lo cual implica, durante el desarrollo, el paso de lo meramente procedimental (tal como es el conocimiento del novato o no experto) hacia la automatización de un experto (para el cual el conocimiento ya no es necesariamente procedimental).

Para esta autora, ese pasaje de lo procedimental a lo conceptual implica también un tránsito paralelo desde los conocimientos implícitos al conocimiento explícito. Es decir, en su desarrollo cognitivo el niño pasa de la mera ejecución mecánica a la comprensión de cómo funciona.

En otras palabras, para la citada investigadora, el desarrollo cognitivo no se refiere sólo al aprendizaje de nuevos procedimientos, sino también a cómo el individuo trata de construir teorías de por qué estos procedimientos hacen lo que hacen.

Este "redescripción representacional" se produce, para la autora, a través de tres etapas: en primer lugar el niño se convierte en experto de alguna actividad, entonces analiza introspectivamente lo que ha aprendido y, por último, concilia su actuación con su introspección. En este punto, el niño ha creado una "teoría" de por qué las cosas funcionan como funcionan. Este proceso consiste en volver a codificar la información de un formato de representación (la procesal) a otro (un formato cuasi-lingüístico).

En cada campo, los niños adquieren los principios específicos de dominio que aumentan los principios generales (tales como redescripción representacional) que guían su vida cognitiva. Por ejemplo, el niño domina los objetos físicos y más tarde desarrolla una Física de sentido común según su propia teoría (implícita) del comportamiento de los objetos. Este camino, según expresa la discípula de Piaget, está condicionado por el contexto cultural.

Según se ha ido perfilando, investigadores provenientes de diferentes ámbitos y escuelas, coinciden en que los individuos nos manejamos en el mundo mediante diferentes “motores”. En primer lugar las teorías, conceptos o modelos “en acción” guían nuestras conductas aunque no somos conscientes de ello. Las investigaciones, por ejemplo, en la psicología genética han mostrado cómo de las conductas observables (en los niños, por ejemplo) se pueden inferir las “teorías en acción” que ellos poseen sin ser conscientes de ello. Es el caso de las investigaciones piagetianas que postulan que si al dar a elegir a un niño una golosina éste prefiere la de mayor largo, deducen que su “teoría” es que el largo se asimila a la masa, es decir que hay mayor cantidad de materia y por eso la elige.

Todos los individuos, en numerosos órdenes de la vida nos manejamos, sin percibirlo, mediante teorías en acción, no explícitas pero que guían nuestro comportamiento.

Por ejemplo, podemos identificar cuál es la teoría implícita respecto de la manera en que se construye la Ciencia que se esconde detrás del comportamiento de un docente de Química si analizamos la forma en que plantea los experimentos en el aula. De manera muy resumida podemos decir que si entiende el aprendizaje como una construcción del conocimiento, acorde con una visión actual de ciencia, las experiencias de laboratorio que planifica no deberían ser meras comprobaciones de la teoría enseñada o aprendizaje de simples técnicas operativas (Caballer y Oñorbe, 1999; del Carmen 2000). En cambio, dará lugar a que el alumno se plantee sus propias hipótesis y encuentre los caminos para ponerlas en juego (Lacolla, 2005).

## **2.4 Enseñanza de las ciencias como cambio de modelo.**

Si lo analizamos desde el punto de vista de la enseñanza pareciera ser que en la escuela, la consigna imperante fuera intentar reemplazar en los estudiantes sus ideas de sentido común, cualquiera sea la manera en que se las denomine, por otras científicamente consensuadas.

En las visiones actuales acerca de la Enseñanza de las Ciencias la tendencia es la de asociar las ideas de sentido común que poseen los

estudiantes con *modelos idiosincrásicos* que los individuos elaboran para explicar el mundo (Moreira y Rodríguez Palmero, 2002; Nappa y col. 2006; Gutiérrez, 2005; entre otros). La dinámica que surge entonces en el aula es el intento de reemplazar estos modelos por otros que han sido elaborados y consensuados por la comunidad científica.

El problema que vuelve a aparecer es que, para muchos autores, los llamados modelos de sentido común que poseen los estudiantes son resistentes y entorpecen la adquisición del modelo científico apropiado que pretendemos enseñarles (Gutiérrez, 1999). Por lo cual, como se ha planteado, las secuencias de instrucción tendientes a lograr el cambio conceptual no han tenido resultados positivos.

Lo que nosotros proponemos ahora es que en el momento en que un individuo debe enfrentarse a una resolución problemática, se remite a un proceso que, en sentido estructural, no adquiere formato diferente si debe resolverla mediante su conocimiento de sentido común o apelando al conocimiento científico.

Tal como se expresó anteriormente, en ambos casos el individuo, ante determinada situación, puede intentar solucionarla mediante sus esquemas (implícitos, en acción) o bien si recurriendo a esos invariantes funcionales no puede abordar el problema, deberá construir un modelo mental (en principio implícito, en acción) que le permita encontrar la solución o predecir las consecuencias.

Es decir, la diferencia entre el científico y el individuo común radicará no en la “secuencia de pasos” a los que se remita al momento de dar respuesta a una situación novedosa, sino a la complejidad que adquieren sus modelos de trabajo en cuanto a los conocimientos que envuelven y los nexos que se establecen entre los mismos. Y fundamentalmente a la posibilidad de hacer explícitos los modelos que utiliza para resolver la citada situación problemática.

En ambos casos (tanto si recurriera al conocimiento de sentido común o al conocimiento científico) el individuo apela a sus esquemas en acción (implícitos) en primer lugar al enfrentarse a una dada situación. Éstos esquemas le serán útiles tanto si el sujeto es experto en el tema o no,

aunque tendrán diferentes formatos. Sólo si recurriendo de manera implícita a ellos no logra dar respuesta al desafío, construirá un nuevo modelo mental que le ayude en esta resolución.

Debemos aclarar que en este caso nos estaremos refiriendo al científico como el experto en el campo en el cual se plantea la situación problemática, mientras que se considera que el individuo común (no científico) es el novato en esas temáticas. Hecha esta aclaración se puede entender que en otras situaciones problemáticas pertenecientes a otros ámbitos, el científico podría pasar a comportarse como un novato, ya que deja de ser experto en dichas cuestiones.

En una investigación Pozo (1998) refleja este hecho al comprobar que un grupo de físicos recurre a los conceptos propios de la Física para resolver una cierta tarea de esta disciplina, mientras que, comparativamente, un grupo de adolescentes y otro de historiadores lo hacen recurriendo a sus “ideas de sentido común”. En cambio cuando los mismos grupos de sujetos se abocan a resolver una tarea del ámbito de la Historia (en la cual los físicos dejan de ser los expertos), son los físicos quienes más se asemejan a los adolescentes en su manera de resolverla.

En general se puede decir que el pensamiento de sentido común suele considerar la verosimilitud de sus creencias (o teorías en acción) sin necesidad de someterlas a prueba, y por lo tanto éstas se mantienen implícitas mientras que las teorías científicas son sometidas a verificación y por lo tanto deben explicitarse. Al respecto, Rodrigo (1985) enumera los factores que condicionan el pensamiento de sentido común, a diferencia del pensamiento científico: errores en la caracterización de los datos y la muestra, sesgos en la generalización de la muestra, sesgos en las evaluaciones atribucionales, todo lo cual provoca errores en la predicción, y posteriormente errores en la comprobación y revisión de las teorías.

Sin embargo, se considera que tanto en la manera de actuar del hombre común, como en el accionar de un científico, en primer lugar (y como una forma de “ahorrar espacio” en su memoria de trabajo) se procedería según lo indican las “teorías en acción” implícitas que posee. Sólo si surgiera la necesidad, se llegaría al punto de construir un nuevo modelo mental que,

como una herramienta de trabajo, le permitiría al individuo resolver la situación.

Evidentemente, para poder avanzar con estos planteos necesitamos profundizar acerca de qué se entiende por representaciones mentales y modelos.

## **2.5 Representaciones mentales.**

Es habitual que en el aula enfrentemos a nuestros estudiantes a situaciones problemáticas con la idea de confirmar si son capaces de establecer modelos de trabajo para resolverlas.

Como hemos dicho anteriormente, la resolución de una tarea implica la puesta en juego de representaciones internas y los investigadores han tratado largamente de caracterizar estas representaciones.

Antes de analizar la manera en que se ha tratado de develar el formato de las representaciones internas, es interesante hacer un breve recorrido por las representaciones externas, por medio de las cuales el hombre ha buscado comunicarse desde los orígenes de la historia. Así, lo ha hecho y lo sigue haciendo mediante representaciones pictóricas o analógicas, como son los cuadros, dibujos, maquetas etc. que reproducen tanto un estado de cosas del mundo en forma concreta como también el vuelo de su imaginación.

Cualquier aspecto del mundo en el que nos desempeñamos puede ser *representado*, es decir puede ser simbolizado mediante una notación, signo o conjunto de símbolos, pero también es habitual que esta comunicación se produzca mediante símbolos discretos, como son las palabras, esta vez en forma abstracta. En este último caso la relación entre los elementos del mundo representados y el símbolo que lo representante es arbitraria y establecida por convención entre los sujetos. Este modelo de representación se conoce como lingüística o simbólica.

Cada tipo de representación externa, la simbólica y la pictórica presenta evidentemente ventajas y desventajas, lo cual hace que en ciertos casos resulte preferible elegir una de ellas con preferencia sobre la otra. Por

ejemplo, a todos nos resulta más fácil interpretar las instrucciones para llegar a cierto punto geográfico con la ayuda de una representación simbólica en forma de un plano que por medio de la descripción del recorrido de manera lingüística. Sin embargo, es evidente que en muchos eventos comunicacionales se hace imprescindible la combinación de ambos tipos de representaciones para un mayor entendimiento, cuestión muy habitual en el aula durante la Enseñanza de las Ciencias.

En estos ejemplos hemos destacado el carácter social de la representación, válida para establecer una comunicación con el otro. En tal sentido, hay quienes interpretan las primeras pinturas rupestres como de gran valor simbólico en la sociedad prehistórica, quizás con la necesidad de transmitir la importancia que para ellos adquiría el animal que se simbolizaba.

De manera más accesible a nuestro entendimiento, es muy clara la idea que transmite la imagen de una enfermera con el índice ante su boca, o también el círculo rojo cruzado en una señal de tránsito.

Podemos decir que estas representaciones pertenecen a un sistema que todos reconocemos y compartimos y por ello se consideran representaciones semióticas, aunque la primera tienen formato analógico (representa la realidad, como una fotografía) y en cambio el símbolo de “no avanzar” es meramente convencional.

Pero es importante también referirnos a las **representaciones internas**, haciendo referencia al modo en que la mente se re-presenta el mundo. Y en este caso, es decir cuando se trata de descifrar la forma que adquiere dentro de la mente humana la re-presentación del mundo (real o imaginario), existen grandes controversias acerca del modo más probable en que éstas se producen.

Actualmente los científicos cognitivos aceptan que la mente humana utiliza las representaciones con formato de imagen tanto como las proposicionales, alternativamente en función de la circunstancia a resolver o la situación que se deba representar. Pero esta visión no siempre fue tan conciliadora, sino que tradicionalmente hubo dos posturas enfrentadas: *imaginistas* versus *verbalistas*.

Para los psicólogos cognitivos más tradicionales las representaciones proposicionales constituyen la única forma representacional posible, entre otros motivos, ya que gracias a ellas la mente cumple con el principio de trabajar exclusivamente con una lógica formal. Además, para los defensores de esta postura, todos los procesos perceptivos e imaginativos pueden reducirse a representaciones proposicionales. De esta manera plantean una postura en extrema contraposición ante quienes proponen otros constructos (como las imágenes) que son reducidas, en esta visión, a simples proposiciones.

Recordemos que se considera que una representación proposicional se basa en una cadena de símbolos que se genera a partir de un vocabulario que ha sido determinado arbitrariamente, con reglas sintácticas específicas. Las proposiciones entonces son representaciones de cosas que pueden ser expresadas verbalmente y por eso se encuentran ligadas al lenguaje natural y por su condición presentan un carácter abstracto.

Lo cierto es que las representaciones proposicionales son analíticas, es decir que la relación que existe entre ellas y aquello que representan es arbitraria, no isomórfica o analógica. Por este motivo, es imprescindible la determinación de reglas para la combinación de sus elementos, que exige por tanto la explicitación de una gramática.

Para quienes defienden las representaciones proposicionales, éstas son las expresiones de nuestro lenguaje mental, conocido como *lingua mentis* o "mentales", y las consideran objetos conscientes del pensamiento con los cuales razonamos, dudamos, creemos, etc.

El hecho de que una de sus características principales sea que pueden ser expresadas por medio del cálculo de predicados implica que son fáciles de ser modeladas computacionalmente (Greca, 1999). Esta particularidad ha permitido a los investigadores cognitivos desarrollar teorías con base en este tipo de representaciones y elaborar y "correr" programas para computadora que representan procesos cognitivos en concordancia con la metáfora del ordenador.

Pero esta postura tan extrema ha recibido numerosas críticas, siendo la principal aquella que apunta a la imposibilidad de asegurar la correspondencia entre el mundo mental y el externo, ya que este tipo de representación no se vincula en forma directa (o analógica) con las percepciones provenientes del medio.

Además se plantea que el hecho de considerar que la mente trabaja solamente en forma lógica no permite explicar el motivo por el cual las personas suelen (solemos) realizar inferencias que no son válidas formalmente.

Investigadores como Johnson-Laird (1983) afirman también que existen varias lógicas diferentes y cualquiera de ellas puede ser formulada de distintas maneras y que por lo tanto sería preciso saber cuál es la que cada ser humano tiene internalizada.

### **2.5.1 El debate de los imaginistas y las posturas dualistas.**

Otra línea de investigación dentro de la psicología cognitiva, en cambio, apostó a las imágenes mentales como una expresión probable dentro de las representaciones mentales. Sus defensores argumentan que están más naturalmente vinculadas al mundo al cual representan que las proposiciones, ya que conservan las mismas propiedades espaciales de los objetos reales.

En el caso de las imágenes mentales las investigaciones han demostrado que existe algún nivel en el que las imágenes comparten estructuras y operaciones con la percepción, lo cual abonaría el formato cuasi - perceptivo que les asignan quienes las proponen en la categoría de representaciones mentales. Por ejemplo, entre las características comunes que presentan la percepción visual y las imágenes mentales se ha encontrado que comparten la existencia de un "campo visual" con ciertos límites estructurales (Kosslyn, citado por de Vega 1984).

Sin embargo hay que reconocer que las representaciones visuales no representan (valga la redundancia) más que algún aspecto del mundo, ya sea real o imaginario. Por otro lado, no es válido considerar solamente representaciones analógicas con formato de imágenes ya que estas

“imágenes” pueden tener un formato diferente al visual, pudiendo poseer carácter auditivo, olfativo, táctil o cinético (Eysenk & Keane, 1994).

A pesar de los resultados generados por diversas investigaciones, la inclusión de las imágenes como perteneciente a la categoría de representaciones mentales ha sido muy discutida, en especial por los defensores de un formato de tipo más abstracto en las representaciones que se almacenan en la memoria. Una crítica interesante fue la planteada por Pylyshyn quien afirmó en la década del 70 que cuando se recuerda una imagen en realidad no lo hacemos como quien recuerda una foto, sino tomando aquellas porciones que nos resultan verdaderamente significativas, lo que evidencia un pasaje cognitivo a un lenguaje netamente proposicional. Con esta crítica se quieren demostrar las graves fallas que posee cualquier teoría que sólo considere el formato de imágenes para las representaciones mentales.

Sin embargo, en forma paralela aparecen numerosos estudios que demuestran que las imágenes son muy eficientes en la mediación del aprendizaje de información, obteniéndose mayor eficacia en la instrucción cuanto esta se encuentra mediada por las imágenes. Las investigaciones evidencian que las representaciones pictóricas externas (y las internas que se generan) son facilitadoras del aprendizaje, mejorando el recuerdo de la información verbal aprendida con su ayuda, aunque se mantiene las controversias acerca de cuál es la causa de este hecho. Hay quienes postulan que esto es consecuencia de la redundancia que se logra en la codificación de la información, la cual se almacenaría simultáneamente en el formato verbal y de imagen.

El modelo de Paivio, o de la "cognición dual" (citado por Greca, 1999) postula que la información verbal y la visual están interconectados de manera que un concepto representado por una imagen puede convertirse en una etiqueta verbal del otro y viceversa. Es decir, en esta visión se acepta que cuando se presenta una imagen generalmente es acompañada mentalmente por la palabra que la representa, por lo cual ambos sistemas se activan facilitando el recuerdo.

Otero (1999) afirma que la mera posesión de representaciones formales o analógicas no constituye conocimiento, porque en ambos casos se requiere de una mente que las interprete.

En resumen, en esta Tesis se asume la opción más racional, es decir la que considera que para cualquier individuo la representación de un objeto o hecho suele comprender ambos tipos de constructos: pictórico y lingüístico.

Pero la manera en que son utilizadas las representaciones de la mente humana también ha sido estudiada desde diferentes ópticas.

## **2.6 Los modelos mentales.**

Thagard (1996) afirma que una teoría cognitiva debe ser capaz de dar una posible explicación acerca del modo en que el común de la gente resuelve problemas, es decir, cómo planifica, toma decisiones y genera explicaciones. Además, también debe poder explicar cómo los sujetos aprenden, lo cual se entiende como la manera en la cual una persona es capaz de resolver un problema de forma mucho más eficiente cuando lo aborda una vez que ya ha atravesado y resuelto una situación similar anteriormente.

Para dar respuesta a estos interrogantes, Johnson Laird (1983) propone una completa teoría cognitiva con la cual, además, asume una posición diferente respecto de la antigua antinomia: imágenes vs. proposiciones.

En referencia al tipo de representación que genera la mente, Johnson-Laird plantea que existen por lo menos tres formas en la que podemos codificar, es decir representar mentalmente información: las representaciones *proposicionales*, que son piezas de información del lenguaje natural, las *imágenes*, que pueden ser tanto visuales como auditivas o táctiles y los *modelos mentales*. Es decir, este investigador acepta la co- existencia de imágenes y proposiciones, con los que da fin a la controversia de fondo entre imaginistas y verbalistas, y desarrolla además toda su teoría en base a una estructura a la que denomina *modelo mental*.

Pero el punto central de la teoría, por lo menos en cuanto a lo que aquí nos interesa, es que los seres humanos interactúan con el mundo a través de los modelos mentales que poseen, los cuales son **modelos de trabajo** de los fenómenos en la mente humana.

Es decir que, ante la imposibilidad de aprehender directamente el mundo en el que se desempeña, el individuo crea un correlato mental de la realidad (el modelo mental) y de ese modo le atribuye significado a sus vivencias cotidianas.

Los modelos mentales son análogos estructurales del mundo, son representaciones internas que permiten comprenderlo, dado que dotan a los individuos de la capacidad de explicar y de predecir, por lo cual un modelo mental será exitoso cuando es capaz de explicar todos los aspectos del fenómeno con el cual la persona interactúa.

Se entiende así que los modelos mentales juegan un papel central en la representación de objetos, situaciones, eventos del mundo y las acciones sociales o psicológicas que diariamente ocurren en él. También son el modo por el cual los sujetos realizan inferencias y predicciones, para entender los fenómenos, o decidir qué acciones tomar y de qué manera ejecutarlas ya que la característica esencial de todo modelo mental es su rol funcional.

En esta visión, aunque los modelos mentales que construyen los individuos representan un estado de cosas del mundo y por lo tanto son determinados y concretos, pueden ser totalmente analógicos o parcialmente proposicionales. Como se aprecia, este autor no deja de lado las representaciones proposicionales, a las que define como una representación mental que puede ser expresable verbalmente. Pero las entiende como interpretadas a la luz de los modelos mentales que el individuo posee.

Por otro lado tampoco desdeña las imágenes, interpretadas como "visuales" del modelo, es decir "vistas" particulares del mismo. Considera a las imágenes tanto producto de la imaginación como de la percepción y que de esta manera representan aspectos perceptibles de los objetos y situaciones correspondientes al mundo real.

También su Teoría tiene en cuenta la forma en que se decide si una aserción tiene o no cierto grado de verdad. En la postura de J. Laird, el modelo mental real o imaginario que la persona posee es el que define si una proposición es verdadera o no: lo será cuando pueda ser encuadrada en el modelo mental que posee el individuo. En cambio se decidirá su falsedad cuando esta correspondencia no pueda ser realizada. Para él, entender una proposición es saber cómo sería el mundo si ella fuese verdadera, o en otras palabras, una proposición será considerada verdadera si puede ser inferida de los modelos de mundo, reales o imaginarios, disponibles.

Johnson-Laird afirma que en la necesidad de interpretar el mundo, los objetos y/o las situaciones, el sujeto lo re-presenta con modelos mentales que pueden combinarse de diferentes maneras. En su visión el autor considera que las personas utilizan representaciones mentales todo el tiempo y que las imágenes y los modelos mentales son representaciones de alto nivel esenciales para el entendimiento de la cognición humana. Afirma que los modelos mentales y las imágenes, son como lenguajes de programación de alto nivel para la cognición y por eso liberan a la mente humana de operar al nivel de "código de máquina", tal como habíamos mencionado al comienzo, al hablar de la capacidad de la memoria de trabajo.

Manteniendo la analogía del computador Johnson Laird sostiene que trabajar en estos lenguajes más complejos facilita la tarea del usuario, que puede resolver un número mayor de problemas con menos esfuerzo.

Las bases de la Teoría de Johnson Laird presentan una serie de principios, y plantean también un mecanismo básico que opera por diferenciación/reconciliación mediante el cual se ejecuta el modelo: la llamada "revisión recursiva" característica ésta que le asigna su carácter previsible.

La "revisión recursiva" es un procedimiento efectivo que funciona en términos deductivos y así permite elegir una representación, es decir un modelo mental del mundo dentro de los posibles. En otras palabras, es un

mecanismo de la mente gracias al cual el sujeto es capaz de contrastar sus representaciones del mundo con la “realidad”.

Según Johnson-Laird, citado por Greca y Moreira (1998) un modelo puede ser definido como una representación de un cuerpo de conocimientos que satisface las siguientes condiciones:

- a) Su estructura no es arbitraria; corresponde a la estructura de la situación que representa. Representa un estado de cosas o hechos reales o imaginarios.
- b) Puede consistir de elementos que corresponden a entidades perceptibles; en este caso pueden ser concebidos como una imagen, perceptible o imaginaria.
- c) No contiene variables, pues representa entidades específicas.

Pero además, debemos destacar lo dicho acerca de que los modelos pueden ser contruidos como resultado de la percepción, o de la experiencia, y también son fruto de la interacción social, por lo cual las construcciones de la mente también pueden ser abordados desde el plano de la Teoría de las Representaciones Sociales, tal como se planteará en el Capítulo 3.

## **2.7 Modelos mentales y esquemas.**

Como ya se ha esbozado, las actuales concepciones epistemológicas han dejado de lado la concepción positivista según la cual la Ciencia es una acumulación de conocimiento y leyes que se extraen de la aplicación del método científico adecuado a los hechos de la naturaleza. Las visiones más contemporáneas podemos simplificarlas diciendo que entienden que el conocimiento procede de la mente de los científicos que elaboran teorías y modelos como herramientas para entender la realidad. También se acepta que la ciencia es un sistema socialmente definido de elaboración de modelos para otorgar sentido al mundo, por lo cual las teorías y modelos científicos adquieren el status de construcciones sociales.

Pero dentro de esta postura se puede afirmar que, así como hicimos al comienzo referencia a la necesidad que siempre ha tenido el hombre de

comunicarse, en todos los órdenes de la vida también *el hombre ha sentido siempre la necesidad de establecer modelos.*

Parafraseando a Marafioti (1998) cuando habla de los signos, podemos decir que nuestra vida entera está presa de redes de modelos que nos condicionan.

Aparentemente es una necesidad interna la que lleva al hombre a engendrar y multiplicar los modelos, lo cual respondería a una necesidad de nuestra organización mental.

Con esta perspectiva podemos intentar responder sobre lo que ocurre en la mente de quien se enfrenta a una situación problemática.

Pero como ya se ha dicho, el término *modelo* resulta polisémico, por lo cual, es conveniente dejar claro cuál será el significado que se dará aquí a este constructo, ya que suele resultar muy confusa la manera en que se lo cita en diferentes líneas de trabajo.

De manera coincidente con la postura de Johnson Laird se asume que un modelo mental es un modelo de trabajo, y por lo tanto, que pertenece a la memoria de corto plazo como una representación interna construida recursivamente, que articula conocimientos previos y nuevas percepciones, cuyo único compromiso es el criterio de funcionalidad para quien lo ha construido.

El individuo lo utiliza para resolver el problema al cual se enfrena, por lo cual este modelo será funcional a esta situación. Es decir, que al lograr la comprensión funcional, “el modelo mental se convierte en desechable, prescindible, porque ya ha cumplido su papel. Esta es la visión de Johnson-Laird”, (citado por Moreira et al 2002).

Para Moreira (2002), existe además una clara distinción entre los *modelos mentales* y los *esquema mentales*: los esquemas son estructuras de representación con un cierto grado de estabilidad alojados en la memoria a largo plazo, mientras que los modelos mentales son análogos estructurales de estados de cosas del mundo que se construyen en la memoria de trabajo y, por definición, son inestable y funcionales.

Sin embargo, muchas veces en los *papers* se habla indistintamente de esquemas mentales o modelos mentales. En la citada publicación Moreira afirma que los esquemas mentales pertenecen a otra categoría, ya que presentan algún grado de **estabilidad** cognitiva, no siendo, por lo tanto, comparables con los modelos mentales. No pertenecen, entonces a la memoria de trabajo y estarían alojados en la memoria de largo plazo.

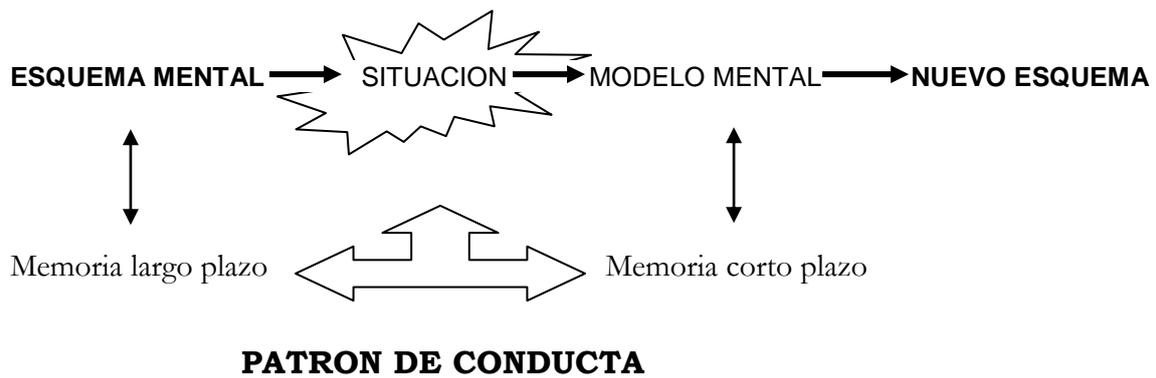
Para establecer las relaciones que se producen entre esquemas y modelos mentales resulta pertinente recurrir a Vergnaud (1990). Este autor considera que un esquema es la organización invariante de la conducta de una persona ante una determinada clase de situaciones. Esto significa que cuando el sujeto se enfrenta a situaciones del mismo tipo o clase recurre a ciertos patrones de conducta que pueden ser evocados (casi como una respuesta automática, sin reflexión).

En los demás casos, es decir cuando la situación no es “tipo” es necesaria la *acomodación*, tal como lo entiende Piaget, lo cual ocurrirá de manera lenta y gradual.

Recordemos que luego de la acomodación, aparece un nuevo esquema *asimilador* que regula el nuevo equilibrio cognitivo. Moreira (2002) propone que entre la situación problemática y el nuevo esquema de asimilación, hay un mecanismo mediador: los modelos mentales. Estos modelos alojados en la memoria de trabajo con las características funcionales ya mencionadas, son mediadores entre el mundo y los esquemas mentales del individuo.

Es decir, ante una situación nueva y ante la necesidad de resolverla, el sujeto construye nuevos modelos mentales que le permitirán hacer inferencias y predicciones, es decir, entender y dominar la situación.

Se produce un patrón de conducta que podría llevarse a cabo ante una situación problemática atípica, tal como se representa en la siguiente secuencia.



Para esta postura, existiría una continuidad entre los modelos mentales y los esquemas cognitivos de asimilación, aunque esto no significa que todos los modelos mentales que el sujeto construya darán lugar indefectiblemente a un esquema de asimilación, ni que sea un proceso simple la construcción de los mismos.

De este modo, para Moreira, si una concepción alternativa (o idea previa) se considera un esquema mental, no sería válido considerarla equiparable a un modelo mental, así como tampoco sería un modelo mental lo que Piaget denominó esquemas de asimilación.

Pero la relativa confusión acerca del significado de lo que se entiende por *modelo* ha tenido gran difusión, a través de diferentes publicaciones en el área de la Enseñanza de las Ciencias (Gutierrez 2005), por lo cual se considera necesario, tal como lo plantea la autora, en cada caso que se haga mención a este tipo de constructos explicitar a cual de las distintas concepciones se hace referencia.

De manera similar expresa Estany (1993): “(...) *hay una norma clara referente a la utilización del término “modelo”, a saber: no utilizarla nunca sin antes delimitar en qué sentido se utiliza.*” (citado por Galagovsky y col. 2009)

## **2.8 La polisemia del término modelo.**

Para Greca y dos Santos (2005), ha sido la postura de Giere de algún modo la que sienta las bases para una cierta confusión entre los modelos cognitivos o mentales (representaciones internas, individuales,

idiosincrásicos e incompleta), y los modelos científicos (representaciones externas, consensuada en una comunidad y completa) que aparece en la literatura posterior en Enseñanza de las Ciencias.

Pero cuando hablamos de *modelos* en el ámbito de la Ciencia hacemos referencia a un tipo particular de constructo, cuya entidad tampoco parece unánimemente aceptada.

Brandão *et al* (2010) recogen la definición que propone Bunge para el término. El epistemólogo se remite a dos posibles sentidos de un *modelo científico*: como la representación esquemática de un objeto (o un hecho) concreto (tal como lo es una maqueta o una representación gráfica) o bien como una teoría para esta idealización (Bunge 1974, citado por Brandao *op cit*).

En la segunda acepción se refiere al modelo teórico cuyo referente directo es el objeto-modelo que le dio origen. Este concepto está pensado como un sistema hipotético-deductivo específico y no puede ser representado de otra manera que por un conjunto de hipótesis lógicamente ligadas y expresado preferentemente en lenguaje matemático.

Como se verá, también a lo largo de la historia de las ciencias el término modelo ha sido prolongadamente utilizado y también con diferentes sentidos. Pero a pesar de numerosas divergencias que los científicos y los epistemólogos tienen o han tenido respecto del significado de modelo científico, el aspecto que rescatan en común es el hecho de que un modelo es una especie de sustituto de los sistemas reales que se están estudiando, cuya complejidad les exige recurrir a estas representaciones que permiten un recorte de los aspectos a estudiar. Se dice entonces que el modelo tiene una relación de subrogación respecto del sistema de estudio (Aduriz, 2010).

Harrison y Treagust (2000) indican que los modelos matemáticos son los más apreciados por los científicos debido a que tienden a cumplir con una lista de prioridades: explicaciones más plausibles, son parsimoniosos, generalizables y fructíferos y son de tipos: causal y predictivo. Pero Greca y dos Santos (2005) aclaran que si bien esto es cierto en la actualidad en la

física, no era necesariamente así en el siglo XVIII, ni tampoco lo es el caso de la Química.

En una línea similar a Harrison y Treagust, Galagovsky y Aduriz Bravo (2001) coinciden en que los modelos que utilizan los científicos "son representaciones muy poco figurativas" o que "contienen un gran número de hipótesis de un nivel muy alto de abstracción y con un alto grado de formalización".

Adúriz Bravo (2010) resume en la siguiente frase cómo ha ido cambiando históricamente la concepción de modelo para la ciencia: a lo largo de los sesenta años que van desde 1929 a 1980 el modelo fue primero ejemplo de la teoría, después pasó a ser una aplicación particularmente digna de imitar esa teoría (un ejemplar) y finalmente llegó a identificarse con un sistema que la teoría tiene intención de explicar.

Sólo en una visión tradicional de la ciencia puede decirse que un modelo es una entidad que deriva de la teoría y por lo tanto se subordina a ella.

Como ya se ha puesto en evidencia, el término *modelo* es polisémico, y no es coincidente la acepción que los investigadores dan al vocablo, como ya lo han enunciado en diferentes publicaciones, lo cual se suma a las divergencias surgidas en diferentes posturas epistemológicas o a diferencias acepciones del vocablo durante el transcurrir de la historia de la ciencia.

Pero por otro lado, algunos investigadores también resaltan la necesidad de sentar diferencias entre lo que se entiende como modelo científico y lo que significa modelo para la enseñanza de las ciencias (Galagovsky y Aduriz-Bravo, 2001; Izquierdo y otros 1999; Justi y Gilbert, 2002; Chamizo, 2010).

Afirma Adúriz-Bravo (2010), aseveración con la que coincidimos, que en la escuela y específicamente durante la enseñanza de las ciencias de la naturaleza, es usual una concepción "icónica" de los modelos, por la cual el modelo científico no es más que una copia (que puede ser a escala o simplificada, entre otras adaptaciones) de aquello real que se está

estudiando. Para este autor, esta visión refleja la herencia de una epistemología empírico-positivista, es decir basada en teorías.

Pero la importancia del concepto se puede deducir del hecho comprobable en las revistas relacionadas con la Enseñanza de las Ciencias de que hay cada vez más referencias a los *modelos mentales* que nuestros alumnos traen al aula y la necesidad de su evolución bajo un marco científicamente válido.

En este sentido se afirma que la actual concepción de ciencia basada en modelos debería dar paso a otro tipo de relación, aún inexistente, con la enseñanza de la ciencia basada en modelos en las aulas. Aduriz, *op cit*, citando a Izquierdo Aymerich, sugiere la necesidad de un trabajo en el aula basado en modelos científicos escolares, por el cual no se intentaría recrear en la escuela las complejas ideas científicas forjadas en la ciencia a través de siglos de trabajo. En cambio se propone emprender el camino de entender el funcionamiento del mundo a través de ideas abstractas no tan alejadas de las concepciones alternativas que los estudiantes traen (Izquierdo Aymerich 2000 en Perales comp.).

Por otro lado se hace referencia a la necesidad de tener en cuenta la función primordial de los "modelos didácticos" en la enseñanza de las ciencias, creados para facilitar la comprensión de los modelos científicos por parte de los estudiantes. Estos modelos serían los que utilizan los profesores para favorecer la construcción por parte de los alumnos de modelos mentales consistentes con los sistemas a los cuales estos modelos representan.

## **2.9 Del cambio conceptual a la evolución de los modelos.**

En esta Tesis, al igual que Moreira (1999) consideramos que los científicos se expresan mediante *modelos conceptuales* que son representaciones **externas**, compartidas por una determinada comunidad y consistentes con el conocimiento científico que esa comunidad posee. También se afirma que son representaciones simplificadas e idealizadas de objetos, fenómenos o situaciones reales, pero son precisos, completos y consistentes con el conocimiento científicamente aceptado (Greca y Moreira, 1997a). Nosotros

denominaremos **modelos científicos explícitos** a este tipo de representaciones externas.

También se considera que tal como afirman Galagovsky y col. (2009) un modelo que está en la mente de un sujeto experto (sea éste científico y/o docente) es un “modelo mental experto”; cuando con fines comunicacionales este modelo es explicitado, se transforma en una compleja trama de explicaciones que se expresan complementariamente en diferentes lenguajes: aparece, entonces, el “modelo explícito”.

Por otro lado, se empieza a delinear lo que se entiende por **modelo de sentido común**, que, tal como expresan Greca y dos Santos (2005), se entiende como una representación interna, individual, idiosincrásica e incompleta que los individuos poseen en campos en los cuales no son expertos y para los cuales es necesario plantear estrategias de cambio en el aula.

En tal sentido, el modelo de cambio conceptual se propuso inicialmente como una estrategia tendiente a intentar reemplazar las ideas tan persistentes que los estudiantes traen al aula de ciencias para llegar tiempo después a la postura que propugna la necesidad de un cambio más amplio que considere al cambio conceptual junto con el actitudinal y el procedimental (Pozo 1998).

En definitiva, la intención se podría resumir en la necesidad de cambio de los modelos de sentido común, reemplazándolos por modelos científicos, explícitos, dadas las limitaciones que poseen los primeros. Por ejemplo, Norman (1983) citado por Moreira (1999) sugiere que los modelos mentales de sentido común que ponen en juego en el aula nuestros alumnos<sup>1</sup> poseen algunas características que nos ayudan a entender algunos comportamientos típicos de nuestros alumnos:

1. *Son modelos incompletos.*

---

<sup>1</sup> En realidad Norman llama *modelo mental* a la categoría que en este trabajo se denomina *modelo de sentido común*.

<sup>2</sup> Se hace referencia al libro de Moscovici y Hewstone (1986)

2. *La habilidad de las personas para ejecutar (correr) sus modelos mentales es muy limitada.*
3. *Son inestables: las personas olvidan detalles del sistema modelado, particularmente cuando esos detalles (o todo el sistema) no son utilizados por cierto período de tiempo.*
4. *No tienen fronteras bien definidas: dispositivos y operaciones similares se confunden unos con otros.*
5. *Son “no científicos”.*
6. *Son parsimoniosos: frecuentemente las personas optan por operaciones físicas adicionales en vez de un planteamiento mental que evitaría tales operaciones.*

Se plantea ahora que la enseñanza de las ciencias debe incrementar en los estudiantes su capacidad de formar modelos mentales científicamente válidos y resolver situaciones problemáticas recurriendo a ellos, siguiendo la acepción de *working model* de Johnson Laird.

En otras palabras, aprender ciencias significativamente implica que los estudiantes deberían ser capaces de recrear las teorías científicas en sistemas de representación mental de conceptos relacionados, y no como simples listas de hechos y fórmulas, como muy a menudo sucede en las aulas de ciencias.

Probablemente estos modelos se basan, en principio, en esquemas y conceptos en acción que se constituyen sobre la información que la persona tiene sobre el mundo, pero hace falta que estos esquemas se conviertan en una representación suficiente para dar lugar a un modelo científicamente aceptable del mundo, que permita la explicación y la predicción en términos científicos.

Se acepta que cuando una persona se enfrenta a una nueva situación se generan representaciones en su memoria de corto plazo, es decir se genera al menos un modelo mental de la situación en cuestión que será un modelo de trabajo para la resolución de la tarea.

¿Cuál sería, entonces, en esta postura el propósito de la educación?

Como se ha planteado, los estudiantes llegan a clase con sus propios esquemas y modelos de "sentido común" que les han resultado “prácticamente” útiles aunque no sean necesariamente “válidos” desde el

punto de vista científico (Pozo, 1996; Driver, 1985). Estos modelos y esquemas les han permitido desempeñarse en su vida cotidiana al explicarles de alguna manera el mundo aún antes de haber concurrido a la escuela.

De acuerdo con la figura 1, se deduce que en la escuela se espera que el alumno construya modelos mentales en concordancia con los modelos científicos que explican y predicen el comportamiento de los sistemas naturales.

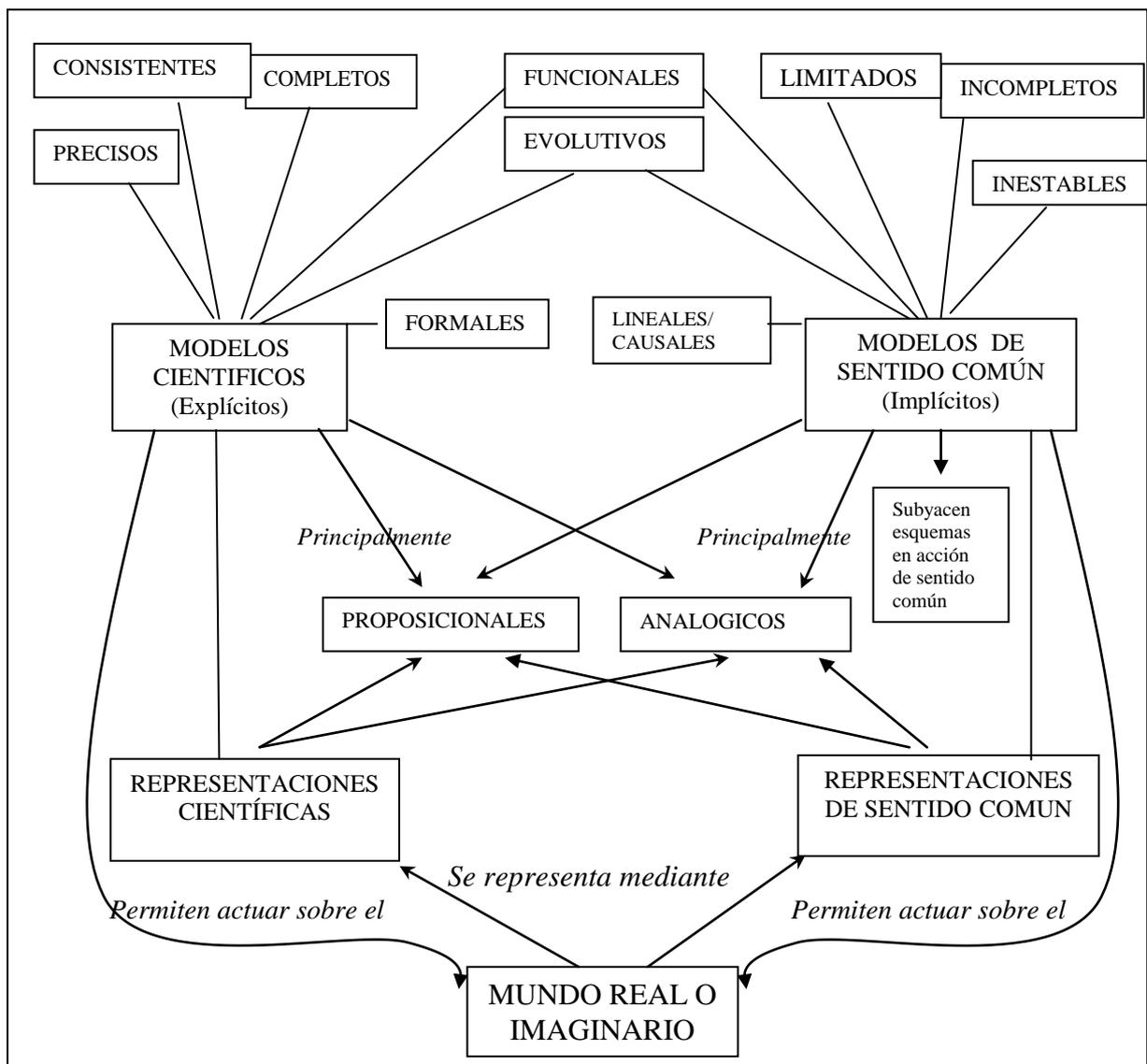


Fig. 1: Modelos científicos explícitos y modelos de sentido común

Si lo analizamos desde un punto de vista piagetiano, la enseñanza de las ciencias pretende desarrollar el pensamiento formal, es decir la aplicación de un pensamiento hipotético-deductivo por el cual el estudiante sea capaz de formular hipótesis y ponerlas a prueba, dejando de lado un pensamiento más elemental (de sentido común) por el cual se pueden dar explicaciones pero sin someterlas a comprobación.

Para Vergnaud (citado por Greca y Moreira 2002) el propósito sería que nuestros alumnos puedan construir conceptos y teorías explícitos y generales, en reemplazo de sus teorías y conceptos en acción (implícitos). El camino estaría mediado por "las palabras y símbolos, oraciones y expresiones simbólicas, herramientas cognitivas indispensables para la transformación de los invariantes operatorios implícitos en teoremas y conceptos".

Sin embargo, esta transformación de invariantes operatorios en palabras y texto o cualquier otro sistema semiótico (gráficos, diagramas, notación algebraica etc.) no es sencillo, ya que existen importantes lagunas, por ejemplo, entre lo que es representado en la mente del individuo y el significado ordinario de las palabras (Vergnaud, 1998).

Según afirman Greca y Moreira (1998) *"la capacidad para entender una teoría científica estará determinada por la capacidad del alumno de formar modelos que incluyan las relaciones fundamentales de la teoría y de los cuales puedan extraer explicaciones y predicciones que estén de acuerdo con las concepciones aceptadas científicamente"*.

Esta afirmación permite entender que el aprendizaje significativo, en el caso de las ciencias, implica necesariamente el establecimiento de un modelo mental con referencia en los supuestos científicamente válidos en la mente de quien aprende.

Pero no obstante las pesquisas demuestran que son pocos los alumnos que construyen modelos durante sus estudios, por ejemplo en el área de la Física. De haberlos construido, se deberían poner de manifiesto tanto por el manejo a nivel proposicional, es decir el correcto uso verbal de definiciones y relaciones matemáticas, como a un nivel más figurativo, en forma de imágenes visuales, dinámicas, etc.

En el mismo estudio se detecta también que la mayoría de los estudiantes **no forman modelo alguno**, limitándose en estos casos a manejarse a nivel de representaciones proposicionales, aunque sólo con proposiciones inconexas.

Según Greca y Moreira (op cit), que el alumno "sepa" las definiciones y/o las fórmulas no significa necesariamente que haya construido un modelo, o sea, puede no ser capaz de interpretar esas representaciones proposicionales (correctas o no) a la luz de un modelo.

Se afirma que para que exista la evidencia de la construcción de un modelo el alumno debe ser capaz de explicar, de prever. En cambio si el estudiante trabaja sólo a nivel proposicional (sin establecer un modelo mental) no es capaz de comprender (explicar) la estructura conceptual de la teoría y los fenómenos vinculados a ella.

Pero es importante destacar que el papel clave de la detección de los hechos discrepantes que permiten al individuo mejorar sus modelos mentales de forma recursiva (y quizás también los esquemas que subyacen) lo poseen en palabras de Sorzio (1995) citado por Greca (2002) *la interacción entre los individuos*.

## **2.10 Enseñanza de las ciencias y las representaciones sociales**

Los aspectos sociales vinculados a la Ciencia fueron largamente dejados de lado en la historia de las mismas, sin embargo tal como afirma Knorr-Cetina (citado por Giere 1992) "el mundo que construyen los científicos es un objeto cultural en el mismo sentido en que son objetos culturales los primos, las corporaciones y los científicos".

Por otro lado, en el aula, resulta cada vez más evidente la importancia de las miradas sociales en la enseñanza de las ciencias, este hecho resulta evidente por ejemplo, en la gran cantidad de estrategias que se planifican para ayudar a los estudiantes a construir conceptos recurriendo a sus habilidades lingüísticas. Y la importancia de aprender este nuevo lenguaje es claro si se entiende que, tal como afirma Lemke (citado por Sanmartí,

2007) *“el lenguaje no es sólo vocabulario y gramática: es un sistema de recursos para construir significados. Nuestro lenguaje nos proporciona una semántica. (...). Necesitamos la semántica debido a que cualquier concepto o idea particular tiene sentido sólo en términos de las relaciones que tiene con otros conceptos e ideas”*.

La necesidad de compartir significantes y significados con otras personas permite detectar las discrepancias de los propios modelos implícitos y facilita la metacognición y la apropiación del sentido necesario para la formación de verdaderos conceptos. Sorzio (1995), en tal sentido, propone un abordaje socio-cultural en la enseñanza, ya que aunque los modelos mentales son representaciones internas individuales y no pueden ser directamente compartidos, los modelos defectuosos e incompletos de los estudiantes pueden ser expresados y representado en un nivel interpsicológico, lo cual es esencial para la adquisición del conocimiento.

Se entiende así que sólo a partir del momento en que el alumno es capaz de hacer explícito su modelo mental sobre los procesos involucrados en una dada situación puede considerarse que ha realizado un aprendizaje significativo de este fenómeno. Sin embargo, destaca Sorzio, que el proceso de construcción de estos modelos será largo y no podrá alcanzarse en un corto plazo. Y que, como se ha manifestado, será posible chequear la constitución de un modelo adecuado, cuando se ponga al alumno ante la resolución de una situación problemática novedosa.

Resumiendo lo dicho, el modelo es construido por el propio individuo como resultado de su **experiencia** y la **percepción** pero también de su **interacción social**, y, como se ha expresado, le permite hacer inferencias y predicciones, entender los fenómenos, decidir las acciones a tomar y controlar su ejecución. Tomando como base los supuestos de Vigotsky (1995) se entiende que el lenguaje y la socialización del conocimiento se convierten en importantes vehículos para hacer posible el proceso de aprendizaje.

También en la postura de Ausubel (citado por Rodríguez, 2004) el aprendizaje significativo se logra por intermedio de la verbalización y del lenguaje y requiere, por tanto, comunicación entre distintos individuos y con uno mismo.

Se puede nombrar también a Sutton (1998) quien a mediados de los años 80 ya se plantea el reconocimiento de las relaciones sociales en el proceso de aprendizaje, tanto como a Hernández (2010) quien afirma que el énfasis que se ha ido poniendo en la dimensión social ha llevado a desarrollar una línea de trabajo que puede llamarse "constructivismo social".

En resumen, en el nuevo paradigma de la Enseñanza de las Ciencias los componentes sociales pasan a tener un papel protagónico, de manera similar a la importancia que fueron adquiriendo dichos componentes sociales en las miradas sobre la construcción de los conocimientos en la Ciencia.

En el mismo sentido coincidimos en que, aunque existen diferentes criterios que guían la investigación en enseñanza de las ciencias, tal como afirma Duit (2006) los investigadores no deberían olvidar buscar apoyo en numerosas disciplinas de referencia de esta área del conocimiento, entre las que se encuentra la sociología.

Nosotros proponemos que la base de los conceptos científicos que nuestros alumnos intentan construir en el aula se constituye sobre las Representaciones Sociales (RS) surgidas de las interacciones sociales que ellos han construido sobre dicha temática de manera previa a su abordaje escolar.

Es decir, el modelo de trabajo que el individuo construye para resolver una situación puede crearse tomando elementos de la vida cotidiana, teñidos por ejemplo por la propia experiencia sensorial y/o por la interacción social, y así construir un **modelo de sentido común**. O bien tomar conceptos científicamente válidos y relacionarlos de manera efectiva para alcanzar un **modelo mental científicamente válido**.

En tal sentido, en esta Tesis se plantea que es necesario considerar que, tanto en la vida cotidiana, como en la resolución de una situación problemática enmarcada en el conocimiento científico, los modelos de trabajo necesarios para abordarla son construidos por la mente humana como representaciones internas que posibilitan al individuo su

desenvolvimiento en el medio en el cual se desarrolla, especialmente ante conceptos o hechos que escapan a su comprensión.

Pero se debe tener en cuenta que frente a los conocimientos científicos o referidos a las leyes de la naturaleza es habitual que los individuos de una determinada sociedad compartan representaciones acerca de estas temáticas.

De tal manera, el mundo de las Representaciones Sociales puede ser el marco que permita encontrar puntos de contacto entre el llamado conocimiento de sentido común y el conocimiento científico que se enseña en el aula.

# **CAPÍTULO 3**

## **INTRODUCCIÓN A LAS REPRESENTACIONES SOCIALES**



## CAPÍTULO 3

### Introducción a las Representaciones Sociales

*No existen como ideas definidas, pero cuando se interactúa socialmente, aparecen estas creencias no conscientes que se forman en las prácticas sociales (...) y hay siempre algunas coincidencias. Nadie puede no tener representaciones sociales, es inevitable.*

Castorina, José A. (2003)

Como hemos analizado en el Capítulo 2, existen diferentes maneras de interpretar las representaciones de la mente y de qué forma el sujeto construye conocimiento. También fue necesario caracterizar el modelo mental que constituye el pensamiento de sentido común ante una situación dada y el modelo que se establece mediante un pensamiento científico.

En el presente Capítulo analizaremos el modo en que diferentes autores explican la forma en que se construyen los saberes que se comparten socialmente. Para ello haremos referencia a teorías que postulan la forma en que circulan y se enraízan los conocimientos desde el punto de vista de la Teoría de las representaciones sociales.

Los investigadores afirman que a pesar de que “los mecanismos biológicos de construcción de representaciones son idénticos para todos los miembros de la especie” (Raiter, 2002), pueden existir diferencias en las representaciones que dos personas construyen ante un mismo estímulo. Estas diferencias tienen su origen en las disímiles situaciones sociales y temporales en las que se desarrollan los individuos, los diferentes intereses y deseos de cada ser humano, el estilo de mediación lingüística que establecen en la comunicación, etc. Estas condiciones, entre otras, permiten explicar porqué pueden construirse representaciones diferentes ante un estímulo similar, pero sin embargo, Raiter (op cit) afirma que no existen tantas representaciones como personas. De tal modo, se entiende que hay representaciones socialmente compartidas que se transmiten e intercambian por medio del lenguaje, medio que facilita también su formación y complejización.

Cada integrante de la comunidad recibe y transmite representaciones mediante la comunicación, de modo tal que las representaciones individuales pueden convertirse en sociales y viceversa. Aunque las investigaciones encuentran que “no todas las representaciones individuales pueden convertirse en sociales, sin embargo, de modo inverso, las sociales sí pueden convertirse en individuales.” (Raiter op cit).

Es necesario remarcar que en esta Tesis se considera que existe un fuerte nexo entre las representaciones de origen cognitivo y aquellas que se constituyen desde un origen social. Se acepta en tal sentido, por un lado que las representaciones sociales constituyen el marco para la construcción de las representaciones individuales y, por otro lado, que las representaciones que nuestros alumnos traen al aula inciden en la construcción de los conceptos científicos que se pretenden enseñar en la escuela.

Hay muchas otras investigaciones que remarcan la interdependencia entre el carácter individual y social de las representaciones, como la de Pardo Abril (2004), quien afirma: “Un modelo mental es una representación que en su estructura es análoga e isomórfica a la realidad y que adquiere sus propiedades representacionales en virtud de la esquematización de las características de acciones u objetos. Esta noción puede servir para destacar el aspecto cognitivo involucrado en los procesos de conocimiento social.”

La enseñanza de las ciencias tiene entre los aportes de las diferentes disciplinas también la contribución de la psicología social. Dentro de este marco, la Teoría de las Representaciones Sociales busca responder preguntas acerca del modo en que se forma nuestra visión de la realidad, que repercuten en nuestro diario accionar y por lo tanto es válido recurrir a estos constructos para detectar su influencia en el modo en que nuestros alumnos aprenden.

En esta línea se acepta que el acercamiento al conocimiento científico por parte de la población en general es responsable de producir representaciones sociales, aunque este concepto es complejo, polifacético y difícil de encerrar en una expresión condensada y de pocas palabras.

Existen diferentes producciones mentales que tienen un origen social, es decir que surgen del trasfondo cultural que la sociedad ha acumulado a lo largo de la historia. Actúan como motores del pensamiento que funcionan y perduran con independencia de tales o cuales individuos concretos y generan conductas relacionadas con ellos. Este tipo de pensamiento desempeña funciones sociales específicas, orientando la interpretación/construcción de la realidad y guiando las conductas y las relaciones sociales entre los individuos. Entre los productos mentales que cumplen estas características podemos señalar la ciencia, las ideologías y las representaciones sociales.

Sin embargo, existen controversias respecto de la posibilidad de diferenciar claramente las ideologías de las representaciones sociales.

Moscovici (citado por Ibañez 1988) considera que una ideología es el sistema constituido por un conjunto de representaciones sociales y por lo tanto, para este autor, las representaciones sociales y las ideologías mantiene una relación de inclusión.

En cambio, Ibañez (op cit) mantiene que las ideologías y las representaciones sociales son objetos diferentes aunque estrechamente vinculados entre sí por relaciones de causalidad de tipo circular. Y por lo tanto el estudio de cada uno de estos fenómenos es relevante para comprender el otro.

Así, es razonable aceptar la idea según la cual "el pensamiento social está constituido por diversas modalidades particulares que, incluso manteniendo ciertas relaciones entre ellas, poseen sin embargo una personalidad propia y deben ser estudiadas por sí mismas. La representación social constituye sin duda una de esas modalidades y precisa, por lo tanto, de una investigación específica, al igual que los mitos, la ideología, la ciencia o la religión." (Ibañez, 1988).

Adhiriendo a esta línea, se puede afirmar que en el marco de la investigación en enseñanza de las ciencias resulta imprescindible el abordaje de las representaciones sociales como una forma de re-interpretar, bajo una óptica más integral, los modelos mentales de ciertos

conceptos químicos que los estudiantes construyen en el aula a partir de sus modelos de sentido común.

### **3.1 Producciones mentales de origen social.**

El concepto de representación social es relativamente nuevo en el campo de las ciencias sociales. De hecho, Jodelet (1986) manifiesta que las primeras referencias hechas por Moscovici a este concepto datan de 1961. Sin embargo, la complejidad de este fenómeno es tal que Moscovici mismo (citado por Ibañez 1988) afirma que "... si bien es fácil captar la realidad de las representaciones sociales, no es nada fácil captar el concepto".

Pero en cambio resulta claro que las representaciones sociales aparecen en la intersección entre "el juego de la ciencia y el juego de sentido común<sup>2</sup>", como una forma por la cual la mayoría de los individuos no instruidos en cuestiones científicas se maneja en la vida cotidiana ante la gran difusión de términos y teorías científicas.

Según lo expresa Moscovici (1986) la teoría de las representaciones sociales trata de explicar la diferencia entre el ideal de un pensamiento conforme a la ciencia y la razón y la realidad del pensamiento del mundo social. Es decir, de qué manera el pensamiento de sentido común plagado de teorías implícitas, y basado fundamentalmente en lo perceptivo, almacena todo el bombardeo de información acerca de los descubrimientos, las nociones y los lenguajes que la ciencia inventa permanentemente. Y de qué manera todo esto se transforma en una "ciencia popular" que incide sobre la manera de ver las cosas y de actuar de todos quienes pertenecen a una determinada sociedad.

En principio podemos considerar que, a pesar de que una representación social (RS) comprende una amplia gama de fenómenos, puede entenderse como un sistema de referencia que nos permite dar significado a los hechos. Es decir, que constituye una especie de "anteojos" que nos brinda una manera de ver algunos sucesos o conceptos y concebir teorías implícitas para establecer aserciones sobre individuos o sobre nuestra vida cotidiana. También las RS pueden interpretarse en la forma de categorías

---

<sup>2</sup> Se hace referencia al libro de Moscovici y Hewstone (1986)

que permiten clasificar tanto a los fenómenos como a los individuos, o bien como imágenes que condensan un conjunto de significados.

En general, los investigadores las consideran tanto un producto como un proceso, de forma tal que comprenden toda la gama de fenómenos arriba indicados.

Algunos autores (Jodelet, 1986) proponen la siguiente definición de representación social: concepto que designa una forma de conocimiento específico, el saber del sentido común (no científico), cuyos contenidos manifiestan la operación de procesos generativos y funcionales socialmente caracterizados. En sentido más amplio, por lo tanto, designa una forma de pensamiento social.

Por todo lo dicho, puede advertirse que las representaciones sociales aparecen en una zona en la cual se interceptan lo psicológico y lo social, en cuanto mantienen relación con la pertenencia a cierto estrato social de los sujetos que las profesan.

Puede también afirmarse que las representaciones sociales constituyen modalidades de pensamiento práctico orientados hacia la comunicación, la comprensión y el dominio del entorno social, material e ideal. Y por su condición, presentan características específicas a nivel de la organización de los contenidos, las operaciones mentales y la lógica.

Para caracterizar una representación social, por lo tanto, no alcanza con hacer referencia a los contenidos o los procesos de representación sino también hay que hacer mención a las condiciones y a los contextos en los que surgen las representaciones, a las comunicaciones mediante las que circulan y a las funciones a las que sirven dentro de la interacción con el mundo y los demás.

En cuanto al criterio que entiende que una representación social es tanto un proceso como un producto, pueden señalarse las siguientes consideraciones:

- En el primer aspecto se puede interpretar como proceso de construcción de la realidad social a la que contribuye a configurar tanto como al objeto que representa.
- Como producto, según se ha dicho, es el conjunto de creencias, valores y conocimientos que, entre otros aspectos, comparte un grupo de sujetos en función de su pertenencia a un determinado *status* social.

Pero para que esos elementos constituyan una representación deben presentarse como un campo estructurado, lo cual presupone una organización y jerarquización de los elementos que configuran su contenido (Alves- Manzotti 1994).

Para la principal colaboradora de Moscovici, Denise Jodelet (citada por Pereira de Sá, 1993) el hecho de considerar una representación social como un simple conocimiento acarrea el riesgo de reducirla a un evento intra-individual donde lo social tiene un papel apenas secundario pero el hecho de tratarla como sólo una forma de pensamiento social acarrea el riesgo de diluirla en los fenómenos culturales o ideológicos.

En definitiva, las representaciones sociales se configuran a partir de un fondo cultural que circula en la sociedad y proporciona las categorías básicas a partir de las cuales se constituyen, es decir provienen de fuentes de determinación que incluyen condiciones económicas, sociales, históricas y el sistema de creencias y valores de una sociedad dada. Y aunque se definen por su contenido (informaciones, imágenes, opiniones, actitudes, etc.) a la vez, dicho contenido se relaciona con un fin, como ser un trabajo a realizar o alguna otra cuestión enlazada con el pensamiento de tipo "práctico".

Nuevamente podemos hacer referencia a la complejidad de este concepto ya que una representación social es también una relación entre sujetos. Puede decirse que es la representación que se forma un sujeto de otro sujeto u objeto, aunque no por eso es un mero duplicado de lo real o de lo ideal, ni la parte subjetiva del objeto, ni la parte objetiva del sujeto: es una "relación" del hombre con las cosas y con los demás hombres.

Por último, y frente a la comunicación social puede afirmarse que las representaciones sociales no sólo inciden en la visión de la realidad social, sino también en su construcción efectiva.

### **3.2 Características de la representación social.**

La percepción de la realidad no es un proceso meramente individual e idiosincrático, sino que existen diferentes visiones compartidas por distintos grupos sociales que tienen interpretaciones similares sobre los acontecimientos. Esto es evidente por ejemplo ante las múltiples, aunque compartidas, interpretaciones que genera una jugada determinada en un partido de fútbol. Podemos afirmar, en función de las características de las representaciones sociales, que el pensamiento individual tiene una marcada determinación social.

La representación social tiene algunas características fundamentales:

- Siempre es la representación de un objeto, persona, acontecimiento, idea, etc. y por eso se la llama representación.
- Tiene la propiedad de poder intercambiar lo sensible y la idea, la percepción y el concepto. La forma de representarnos el objeto, la persona, etc., es mediante una imagen mental de ella.
- Tiene un carácter simbólico y significativo. La representación como imagen, concepto, etc. no es una mera reproducción del objeto ausente, sino que es una construcción, donde el sujeto aporta algo creativo. Por lo tanto puede afirmarse que tiene un carácter constructivo, a la vez que resulta medianamente autónomo y creativo.

Existen diversas maneras de formular el modo en que se elabora esa construcción psicológica y social llamada representación social. En general se acepta que la representación social surge de una simple actividad cognitiva del sujeto que la construye en función del contexto, o sea de los

estímulos sociales que recibe, y en función de valores, ideologías y creencias de su grupo de pertenencia, ya que el sujeto es un sujeto social.

Por otro lado el sujeto expresa en su representación el sentido que da a su experiencia en el mundo social, aunque las categorías que estructuran y expresan las representaciones sociales son categorías del lenguaje.

Como se ha dicho la representación social se construye como una forma de lenguaje, de discurso, típico de cada sociedad o grupo social. Es extensa la lista que podría hacerse acerca de la diversidad de situaciones y temas que atraen la atención de las personas y que demandan su comprensión y las obligan a pronunciar una opinión al respecto. También son incontables las situaciones en las cuales se requiere en cada sociedad la interacción de las personas que allí se desenvuelven. Es en cada una de estas situaciones y comunicaciones donde se van forjando las representaciones sociales.

Simultáneamente las interacciones de los sujetos dentro del grupo de pertenencia van modificando las representaciones que los miembros tienen de sí mismos, de su grupo, de los otros grupos y de sus miembros así como de los conocimientos que profesan del mundo. Es decir que, de algún modo, las representaciones regulan las relaciones sociales, y se constituyen en un verdadero ambiente en el que se desenvuelve la vida cotidiana.

Para Moscovici (citado por Pereira de Sá, 1993) el principal precepto que sigue una representación social es "la transformación de lo no familiar en familiar". Es decir, en la búsqueda de responder a la pregunta de por qué se crean esas representaciones, puede afirmarse que una representación social es creada cuando algo nuevo, no familiar debe ser incorporado a los universos conceptuales preexistentes.

Por los procesos que operan entonces, lo novedoso se vuelve familiar, pierde la novedad, se torna socialmente conocido y real. Eso ocurre por ejemplo cuando se dan a conocer nuevas teorías científicas, invenciones o desarrollos tecnológicos, también cuando se producen determinados hechos políticos o económicos, o cuando se introduce cualquier conocimiento que resulta nuevo a la sociedad no instruida en esos aspectos.

Se trata, en definitiva, de una forma de pensamiento social que se pone en juego en cada instancia comunicacional y que por poseer poder convencional y prescriptivo influye de manera significativa en nuestra vida cotidiana.

### **3.3 Conformación de una representación social.**

Para constituirse como tales, las representaciones sociales responden a mecanismos internos. Moscovici describió dos procesos principales que explican cómo lo social transforma un conocimiento en representación, y como esta representación transforma lo social. Ambos procesos se denominan, respectivamente:

- Mecanismos de objetivación.
- Mecanismos de anclaje.

El campo de las representaciones sociales se organiza en torno al núcleo figurativo, que constituye la parte más sólida y estable de la representación. Éste ejerce una función organizadora para el conjunto de la RS dando significado a los elementos presentes.

El núcleo se constituye a través de la objetivación por la transformación de los conceptos relacionados con un objeto en imágenes, lo cual permiten una visión menos abstracta del objeto representado. La objetivación puede definirse entonces como una operación formadora de imagen y a la vez estructurante.

Según refiere Jodelet (1986) fue Moscovici quien al estudiar cómo penetra en la sociedad una ciencia (el psicoanálisis) analizó los procesos principales que explican el doble camino que transforman un conocimiento en representación y a la vez parten de ésta para transformar lo social. El análisis de los dos procesos: *objetivación* y *anclaje* mostrará el grado de interdependencia que poseen.

### **3.3.1 La objetivación.**

Suele definirse como una operación formadora de imagen y estructurante. Permite poner en imagen las nociones abstractas, dando cuerpo así a las ideas. Moscovici afirma que “objetivar es reabsorber un exceso de significados materializándolos.”

Puede resumirse diciendo que la objetivación concierne al modo en que los saberes y las ideas acerca de determinados objetos sufren una serie de transformaciones específicas para formar luego parte de las representaciones sociales de dichos objetos. En general se acepta que la experiencia cotidiana es la que interviene al aportar datos sensibles que permiten reinterpretar conceptos abstractos definidos científicamente.

La representación permite intercambiar percepción y concepto a través de la imagen ya que las ideas abstractas se convierten en formas icónicas y este proceso se materializa en imágenes concretas. La objetivación, no obstante, es puramente conceptual. Al poner en imágenes las nociones abstractas, le confiere una textura material a las ideas. Por ejemplo, hay estudios que muestran que el concepto de "masa" se materializa generalmente como "peso", y el concepto de "fuerza" que en mecánica es una relación de masa y aceleración, para el hombre común no es más que un "esfuerzo" análogo al esfuerzo muscular.

La objetivación presenta tres fases:

#### **a) Construcción selectiva.**

O etapa de selección y descontextualización de los elementos de la teoría. En esta etapa las informaciones son separadas del campo científico al que pertenecen y son apropiadas por el público que las proyectan como hechos de su propio universo, logrando así “dominarlas”.

Puede decirse que los individuos de un grupo social determinado se apropian de las informaciones sobre un cierto objeto. Pero se dice que éste es un proceso similar a la asimilación piagetiana ya que los elementos retenidos se transforman a medida que van encajando en las estructuras cognitivas de los sujetos.

### **b) Esquematación estructurante.**

Es la formación de un núcleo figurativo, una estructura de imagen que reproduce una estructura conceptual. Los elementos de información ya adaptados a través del proceso de apropiación se organizan proporcionando una imagen coherente y fácilmente expresable del objeto representado. Se alcanza así un esquema figurativo, las ideas abstractas se convierten en formas icónicas, más accesibles al pensamiento concreto.

### **c) Naturalización.**

En esta etapa se coordinan cada uno de los elementos del pensamiento que se convierten en elementos de la realidad, referentes del concepto en cuestión. El esquema figurativo adquiere status ontológico como un componente más de la realidad objetiva. Se olvida el carácter artificial y simbólico del núcleo figurativo y se le atribuye existencia fáctica. Se considera que "aquello de lo que se puede hablar existe efectivamente".

Finalmente, el pensamiento social separa los procesos y los productos, quedándose sólo con el resultado, ignorando el proceso de producción del producto. El modelo figurativo adquiere status de evidencia, integrando una ciencia de sentido común.

Según lo dicho, puede resumirse que en primer lugar se produce una selección, por la cual elegimos ciertos conceptos acordes con nuestra ideología y los separamos del contexto donde estaban incluidos. Esto se conoce como descontextualización.

En una segunda fase se forma un núcleo figurativo, una estructura de imagen que reproducirá en forma visible una estructura conceptual.

En una tercera fase el modelo figurativo adquiere propiedades naturales o humanas, por ejemplo: "el inconsciente es inestable".

Por lo tanto, la objetivación tiene este triple carácter, que es el paradigma de la objetivación: es una construcción selectiva, es una esquematización estructurante y genera una naturalización.

Este modelo revela la tendencia del pensamiento social a proceder por medio de una construcción estilizada, gráfica y significativa. Tal construcción se subordina a un valor social, pero también responde a expectativas personales e íntimas que tienen reflejo en las implicancias personales.

### **3.3.2 El anclaje.**

Es otro mecanismo básico de la formación de las representaciones sociales. Permite integrar la información sobre un objeto dentro de nuestro sistema de pensamiento, afrontando las innovaciones de los entes que no nos son familiares. Este proceso es comparable a la acomodación de Piaget ya que nuestros esquemas preestablecidos deforman las innovaciones, pero también la integración de lo novedoso modifica nuestros esquemas. Pero en la acomodación dentro de la Teoría de las Representaciones Sociales no solo intervienen los esquemas de pensamiento preexistentes sino que tiene marcada intervención el aspecto social que deriva, por ejemplo, de la posición social de las personas y grupos. Esto implica que el significado y la utilidad que le son conferidos a las representaciones sociales desde lo personal, lo cual se traduce en la constitución de la RS, está condicionado por la pertenencia del sujeto a un determinado grupo social. Por ese motivo suele definirse el anclaje como un proceso que se refiere al enraizamiento social de la representación y su objeto.

También puede decirse que existe una integración cognitiva del objeto representado en el esquema preexistente del sujeto. A diferencia de la objetivación, que es la constitución formal de un conocimiento, en el anclaje encontramos una inserción orgánica de conocimiento dentro de un pensamiento constituido. Articula así las tres funciones básicas de la representación: función cognitiva de integración de lo novedoso, función de interpretación de la realidad, y función de orientación de las conductas y las relaciones sociales.

El proceso de anclaje se descompone en varias modalidades que permiten comprender el mismo. Estas modalidades son:

- 1) Anclaje como asignación de sentido: o sea cómo se confiere el significado al objeto representado. La jerarquía de valores que se

impone en la sociedad contribuye a crear una red de significados. El ejemplo que se toma típicamente es el momento en que la gente deja de representarse el psicoanálisis como una ciencia y lo empieza a representar socialmente como atributo de ciertos grupos, como por ejemplo de los intelectuales.

- 2)** Anclaje como instrumentación del saber: es decir cómo se utiliza la representación en tanto que sistema de interpretación del mundo social, marco e instrumento de conducta. Las representaciones no sólo expresan relaciones sociales, sino que también contribuyen a constituir las. Para el ejemplo anterior, la agresividad que se podría generar frente a los intelectuales cuando éstos se consideran representantes del psicoanálisis.
- 3)** Anclaje y objetivación: relación que se produce entre la cristalización de una representación en torno de un núcleo figurativo (objetivación) y un sistema de interpretación de la realidad que orienta los comportamientos (anclaje). Por ejemplo, se forma un núcleo figurativo alrededor de la enfermedad mental, que toma una imagen dividida: el cerebro (representa lo social) y los nervios (representan lo orgánico). Con esta imagen interpretamos la realidad, y por ejemplo decimos "a este no le funciona el cerebro" o "aquel anda mal de los nervios", y nos comportamos de distinta manera frente a estos dos "tipos" de enfermos.
- 4)** Anclaje como enraizamiento en el sistema de pensamiento: La representación no se inscribe en una *tabula rasa*, sino que siempre se inserta dentro de algún sistema previo de pensamiento, latente o manifiesto. Esto puede impedir la incorporación de nuevos conocimientos por resistirse a los esquemas previos, pero también puede facilitar la integración de los mismos en esos esquemas previos. Este doble fenómeno es llamado por Moscovici "polifasia cognitiva".

De un modo general, puede decirse que el proceso de anclaje es el responsable de enraizar o anclar en la sociedad la representación y el objeto que la origina.

También afirma Moscovici (citado por Perira de Sá, 1993) que durante el proceso de anclaje se produce una clasificación y una denominación, ya que sólo así lo que es extraño y por lo tanto amenazador pasa a tener un matiz de identidad dentro de nuestra propia cultura, perdiendo entonces ese carácter inquietante. Las cosas que no son denominadas ni clasificadas son las que nos resultan extrañas, no tienen entidad de existencia y por lo tanto resultan "amenazadoras."

### **3.4 Enseñanza de las ciencias y representaciones sociales.**

#### **3.4.1 Ideas previas.**

A partir de la década de los ochenta, como ya se ha mencionado, aparecen numerosas investigaciones que hablan de las concepciones alternativas en los niños y adolescentes y comienzan a clasificarlas. Con "Ideas previas en la infancia y en la adolescencia" Driver (1985) comienza un verdadero catálogo al que recurren los profesores de ciencias para saber lo que sus alumnos piensan acerca de ciertos hechos o leyes científicos antes aún de haber tomado contacto con el tema en las aulas. Como se ha dicho, puede afirmarse que sus trabajos originan un verdadero catálogo acerca de las concepciones comunes en alumnos de diversas latitudes, que se transforma en el punto de partida de una nueva didáctica que reemplaza a la perspectiva conductista caracterizada por no tener en cuenta lo que ocurría en la mente del estudiante.

Posteriormente se comprueba que estas ideas persisten aun después de la educación recibida en el ámbito colegial, lo que habla de su estabilidad y resistencia al cambio, incluso luego de extensos períodos de instrucción escolar. Se plantean entonces estrategias didácticas específicas a fin de lograr el cambio conceptual (Gil Pérez, 1996), generando una línea de la didáctica de las ciencias que acepta que gracias a la resolución de los conflictos cognitivos que resultan de las contradicciones entre ideas previas y ciencia escolar surge la construcción de los conceptos científicos en los niños.

Aparecen así estrategias de aula, en las que se vuelve habitual que el joven explicite sus ideas intuitivas al plantear sus propias hipótesis ante fenómenos que le presenta el docente y que no pueden ser explicados desde las “teorías en acción” por él sustentadas, provocándose un conflicto. Puede encontrarse una evidente relación entre el cambio de paradigma de los científicos que propone Kuhn (1962) luego de una crisis y el cambio conceptual que se intenta provocar en los alumnos. En ambos casos, la suma de anomalías (que en el aula suelen ser evidenciadas por la intervención docente) llevará a una insatisfacción que provoque la búsqueda de una nueva teoría que permita explicarlas. Esta perspectiva didáctica que recurre al mecanismo de generar en el alumno incapacidad para explicar algún hecho o tema en función de sus propios conocimientos es tomada como punto de partida de muchos autores, dentro de los que pueden ubicarse las primeras propuestas de Posner y colaboradores (1982).

En una investigación que realizara con una colega en el año 1999 analizábamos en un primer informe de avance, los resultados obtenidos a partir de los instrumentos aplicados para evidenciar el marco conceptual con el que arriban los alumnos a sus clases de ciencias. Afirmábamos entonces que sus preconcepciones dificultan la comprensión de conceptos químicos y biológicos, y que estos constructos que adquieren el status de teorías alternativas se han articulado a partir de diferentes experiencias de aprendizaje, sean estas escolares o no.

En aquella ocasión se quisieron analizar ciertas ideas previas que dificultan la posterior construcción de conceptos químicos y biológicos por parte del alumno, como por ejemplo qué entienden los jóvenes por el concepto "ácido" y en qué sitios ellos creen que es habitual encontrar estas sustancias. Se detectó en tal sentido que los estudiantes encuestados suponen que no pueden pertenecer a la misma categoría de "ácidos" las sustancias que aparecen en los seres vivos y los que se encuentran en cualquier laboratorio experimental. Dentro de esta tesitura algunos justificaron su creencia diciendo que “si fueran los mismos ácidos dañarían el cuerpo”. Aquí se demuestra la imagen con la que los estudiantes representan este concepto ya que si ellos creen que el ácido es dañino y quema, no lo pueden tener en su organismo, en la cocina o en las plantas.

Se hacía entonces referencia también a que existen en los alumnos ciertas ideas estereotipadas (que ahora podríamos redefinir como constituyentes de una RS) tales como que los ácidos "son mal olientes", "son peligrosos", "quemán" y que estas ideas no permiten dar lugar a la construcción del concepto científico. Es decir, dificultan el logro de una concepción más amplia, que incluya ácidos orgánicos presentes en las frutas, los que se ingieren cotidianamente; o los que están presentes en nuestro organismo y que son indispensables para la vida - tales como jugos gástricos, ácido láctico y ADN. En ese estudio se hacía referencia a la necesidad de tener presentes estas concepciones de los estudiantes para plantear las estrategias didácticas que lleven a una construcción del concepto ácido válida para el campo de la Química (Inorgánica y Orgánica) tanto como para el de la Biología. (Catebiel, V. y Lacolla, L. 1999).

### **3.4.2 Actitud hacia la ciencia**

Por otro lado y debido a las reformas educativas que se aplicaron en Argentina a partir de 1994 comenzó a hablarse cada vez con mayor fundamento de los contenidos actitudinales como potencialmente evaluables a lo largo del proceso educativo. Apareció así la necesidad de determinar qué es una actitud así como también qué circunstancias educativas promueven las actitudes positivas en los alumnos. También fueron realizadas en las últimas décadas numerosas investigaciones por parte de especialistas en enseñanza de las ciencias en la búsqueda de encontrar la causa de cierta actitud negativa en los estudiantes hacia el aprendizaje de las ciencias.

Como resultado de las investigaciones se ha detectado que el interés de los alumnos por las ciencias, y en particular por la Química, decrece notablemente al avanzar éstos en el sistema de escolarización. En algunos países la gravedad del problema es tal que el estudio de las actitudes de los estudiantes se ha convertido en una línea prioritaria de investigación en los últimos años (Simpson et al., 1994). Hay quienes afirman que es necesario realizar un análisis de las características de la enseñanza de las ciencias y, muy en particular, de las visiones empobrecidas y deformadas que proporciona frecuentemente la enseñanza escolar de la actividad científica (Gil Pérez et al., 1991; Porlán, 1993) y que no favorece en los

estudiantes una actitud positiva para el estudio de las ciencias. Para ningún profesor de ciencias resulta novedoso plantear que la existencia de un clima de aula actitudinalmente positivo es indispensable para favorecer un aprendizaje significativo (Ausubel et al., 1976) y por lo tanto para desarrollar intereses en el aprendizaje de la Química.

Por otro lado, muchos investigadores manifiestan que aunque es frecuente oír por parte de los docentes que los estudiantes llegan desmotivados y sin interés a la clase de ciencias; es difícil hallar en los programas referencias directas o indirectas a objetivos o actividades de tipo actitudinal que ayuden a revertir este problema (Furió y Vilches, 1997).

Pero en definitiva, tanto los investigadores como los docentes son conscientes de que la actitud que un sujeto tiene hacia una disciplina, en este caso particular las Ciencias, reviste una decisiva importancia para el logro de la necesaria motivación en el aprendizaje de la misma. Y con razón se afirma que la adquisición de una actitud positiva o negativa hacia un objeto tiene que ver con lo que el objeto evoca: afecto, juicio, intenciones de acción. Como estos estados son relativamente estables entre una situación y otra, se señala que las actitudes no son temporales sino que son estados más o menos estables una vez adquiridos. En definitiva, se suele considerar a las actitudes como estados internos adquiridos, que ejercen influencias diversas sobre la elección de esquemas de acción personal dirigidos a cosas, personas o acontecimientos.

Es decir que la forma de ser y pensar de las personas, la forma en que perciben la realidad está influenciada por el medio en que viven, por la ubicación que tienen en la estructura social a la que pertenece y por las experiencias que diariamente enfrentan.

En esta línea, son numerosos los psicólogos sociales que investigaron el concepto de "actitud" como una estructura cognitiva socialmente adquirida y numerosas son las investigaciones que se han realizado en esta línea, particularmente en el marco de la enseñanza de las ciencias.

Para Moscovici (citado por Ibañez 1988), existen tres ejes en torno a los cuales se estructuran los componentes de una representación social: la actitud, la información y el campo de representación.

La actitud es definida por este autor como la disposición más o menos favorable que tiene una persona hacia el objeto de la representación y por lo tanto expresa la orientación evaluativa en relación con ese objeto. En tal sentido, considera que en los diferentes grupos socioculturales, condicionados por su posición, jerarquía, grado de información y otras variables que se ponen en juego, son diferentes los universos de opinión que se manejan y por lo tanto la actitud favorable o desfavorable respecto del objeto de representación.

En general, diferentes estudios de psicología social definen a la actitud como una organización relativamente duradera de creencias (inclinaciones, sentimientos, prejuicios o tendencias, nociones preconcebidas, ideas, temores y convicciones) aprendidas acerca de un objeto, situación o experiencias dadas, las cuales predisponen a reaccionar de una manera determinada, lo cual evidentemente puede provenir de la representación social que se ha construido acerca de ese objeto. (Escudero, 1985).

Del análisis de esta definición se deduce que en las actitudes coexisten: un componente cognitivo, un componente afectivo y que derivada de los anteriores surge la valoración, de la que resulta un componente de acción que conlleva determinados comportamientos, acciones, conductas, omisiones, etc. (Rabadán Vergara y Martínez Geijó, 1999).

Aunque la conducta de un individuo puede servir para inferir una determinada actitud no debe olvidarse que puede estar condicionada por múltiples variables. Por tal motivo, puede asumirse que la actitud de los estudiantes respecto de las ciencias proviene, en parte, de una representación que tienen de la misma y que ésta no es innata sino que ha sido aprendida. Es decir que las actitudes son adquiridas, y por lo tanto interviene en su incorporación la cognición, por lo que se puede admitir que la aparición de una actitud determinada, depende del aprendizaje social que se realice en ese sentido. Como afirma Doise (citada por Alves Manzotti 1994) "estudar a ancoragem das atitudes nas relações sociais que as geram equivale a estudá-las como representações sociais."

En este marco se puede señalar que las actitudes implican una interrelación persona-persona o persona-objeto, ya que no se autogeneran

psicológicamente, sino que se forman o aprenden desde referentes identificables (personas, grupos, instituciones, objetos, valores, asuntos sociales o ideologías). Como se puede deducir, la relación entre personas y objetos no es neutral sino que implica una motivación afectiva derivada del contexto social. Pero fundamentalmente la actitud tiene como base la representación social que ese determinado grupo socio cultural forma acerca de una situación o concepto, por lo que podría explicarse la actitud negativa hacia la ciencia comentada anteriormente como el resultado de una representación social que se ha ido construyendo acerca de la ciencia y sus implicancias.

### **3.5 Representaciones sociales. Algo más que ideas previas y actitudes.**

El conocimiento “espontáneo” o “ingenuo” de nuestros alumnos, relacionado con los conceptos que suele conocerse como ideas previas o preconcepciones, se asocia claramente con las representaciones sociales, pero quizás no del modo en que habitualmente se lo vincula.

Al igual que lo describe Jodelet para el caso de las representaciones sociales, puede decirse que las ideas previas se constituyen a partir de la propia experiencia para permitirnos interpretar los fenómenos del mundo cotidiano. Pero no debemos olvidar que también se conforman a partir de las informaciones, conocimientos y modelos de pensamiento que recibimos y transmitimos a través de la tradición, la educación y la comunicación social.

Pozo (1998) identifica diferentes orígenes para las ideas previas y por eso distingue las que poseen origen sensorial, social y cultural. En el caso de las preconcepciones de origen cultural, para dicho autor, la procedencia de las mismas es justamente el entorno social y cultural de alumno, de cuyas ideas se impregna. En esta visión, el estudiante llega a las aulas con una cultura, es decir con una serie de creencias compartidas por el grupo social al que pertenece, que le han sido socialmente inducidas sobre numerosos hechos y fenómenos.

Así podemos descubrir que las concepciones alternativas que nuestros alumnos presentan acerca de ciertos conceptos científicos, aún antes de haber tenido un acercamiento formal a los mismos, provienen de la representación construida socialmente seguramente apoyada, entre otras fuentes, por los medios de comunicación y divulgación. En tal sentido coincidimos con Pozo cuando afirma que en la "sociedad de la información" en la que vivimos, los medios desempeñan una función cada vez más relevante en la difusión de ciertas concepciones ya sea a través de su intento de divulgación como por medio de la publicidad.

En tal sentido, puede decirse que tanto para las representaciones sociales como en el caso de las ideas previas puede observarse que se trata de un conocimiento práctico que permite dar sentido a los acontecimientos y actos que finalmente terminan por resultarnos familiares, participando así en la construcción social de nuestra realidad. Sin embargo, ambas formas de conocimiento, también poseen diferentes características que han sido analizadas en el Capítulo 2.

Evidentemente en esta visión se entiende que no hay un conocimiento universal en ciencias y que por lo tanto cada alumno construirá los conceptos de un modo muy alejado de la *tabula rasa* de Aristóteles. Por el contrario, su pertenencia a una sociedad particular hará que haya una forma peculiar en que ese sujeto pueda aprender los conceptos, y que no solamente la escuela será el medio para hacerlo. Es decir, el docente que posea una visión actualizada de la enseñanza, debería tener presente que ciertas representaciones sociales sobre el conocimiento científico a enseñar podrán incidir sobre el modo en que los alumnos realicen un aprendizaje significativo.

Por otro lado debemos hacer referencia a los procesos comunicativos y de asignación de significados que se establece detrás de cada concepto científico; en tal sentido en el lenguaje cotidiano algunos términos poseen un significado marcadamente diferente que el asignado en los modelos científicamente aceptados como válidos. Así, por ejemplo, en Química es habitual, como se ha dicho, que los alumnos posean una representación del concepto "ácido" como una sustancia corrosiva y agresiva y esta representaron probablemente provenga de una idea de constitución social que el docente no debería desconocer a la hora de abordar el estudio de los

numerosos ácidos que por ejemplo, desde el punto de vista bioquímico, no encajan en esta concepción.

Evidentemente representaciones como la ejemplificada anteriormente pueden entenderse a la luz de la teoría de las representaciones sociales, ya que es en el seno de una cierta sociedad o status social dónde se originan, mediante el mecanismo de objetivación y anclaje.

Como se ha planteado, diferentes psicólogos sociales (Farr y Moscovici entre otros) explican la forma en que se conforman y difunden estas concepciones de origen cultural y social y cómo mediante una sumatoria de procesos, el conocimiento científico se transforma en conocimiento social y adquiere la forma simplificada de esquemas y reglas de conocimiento.

Como dice Moscovici (citado por Jodelet, 1986) la ciencia es la fuente de las representaciones. El mundo científico es inaccesible al individuo no "ilustrado" y por esta causa, sólo puede tener acceso a esta suma de ecuaciones y conceptos expresados con símbolos si logra traducirlos a términos familiares.

Cuando existe un hecho que impacta a la población, como es el caso de lo ocurrido en la planta nuclear de Fukushima, un tsunami o la súbita contaminación del suelo o el agua, se produce un acercamiento de los neófitos a los temas científicos, en general a través de los medios de comunicación masiva. Para Moscovici, el único modo de comprender el impacto de la difusión de los conocimientos científicos y tecnológicos en el medio sociocultural es el estudio de las representaciones sociales.

Pozo y Gómez Crespo (1998) afirman que los conocimientos de sentido común, al tener un origen más lingüístico y cultural que los científicos puede verbalizarse con mayor facilidad y que son frecuentes en ciertas áreas del conocimiento biológico ya que estos ámbitos son culturalmente significativos. Así hace referencia a ideas sobre salud y enfermedad, nutrición, reproducción, medio ambiente, cambio climático, etc. que son compartidas por la sociedad a la que llegan por los múltiples canales de difusión que la bombardean.

Moscovici (1986) dice "cada vez que aparece una nueva teoría y capta la imaginación, observamos como miles de personas hablan de ella, intentan comprender su significado y en qué las concierne." Recordemos que solamente podemos ver en el sentido común un cuerpo de conocimientos reconocido por todos y es a este conocimiento al que los individuos normalmente recurren cuando desean comprender el mundo que en que viven.

Por lo tanto, nuestros estudiantes, como sujetos de una realidad sociocultural, llevan al aula las representaciones sociales que han sido forjadas acerca de muchos conceptos que se han filtrado por múltiples canales de comunicación y difusión.

Como puede apreciarse, aunque las representaciones sociales se manifiestan en diferentes dominios del conocimiento, en la enseñanza de las ciencias deben ser tenidas en cuenta muy especialmente, ya que se relacionan de manera forzosa con el aprendizaje de los conceptos.

Sin embargo, quienes proponen la necesidad de un cambio conceptual en principio aceptan que la única manera en que se puede lograr el aprendizaje de la ciencia es rompiendo con las nociones de sentido común. Nosotros en cambio postulamos la necesidad de considerar las representaciones sociales como punto de partida del aprendizaje de la construcción de las nociones científicas.

### **3.6 En resumen.**

Diversos estudios sociales pusieron en evidencia que una representación social puede condensar en una imagen conceptos históricos, relaciones sociales y prejuicios y también que los medios de comunicación pueden transmitir una determinada representación social, por lo que ya no es factible considerar que los alumnos llegan al aula con la mente vacía de contenidos. Es un hecho aceptado por los docentes de ciencias que los jóvenes abordan la mayoría de los objetos de enseñanza con todo un conjunto de representaciones "ingenuas" enraizadas en las propias creencias, usos y prácticas de su medio social.

Por otro lado, en la enseñanza de las ciencias estamos habituados a hablar del conocimiento de sentido común como aquellos saberes de origen social que permiten a los alumnos moverse en el mundo cotidiano. Ya hemos mencionado que las ideas previas están largamente estudiadas y al momento existen verdaderos catálogos de las diferentes concepciones que los niños o adolescentes suelen presentar respecto de los grandes temas enseñados en ciencias durante su escolaridad.

Analizaremos entonces la relación que existe entre el conocimiento “espontáneo” o “ingenuo” de nuestros alumnos, y las representaciones sociales que cierto grupo de alumnos posee sobre un tema.

Encuadrados dentro de la Teoría de las Representaciones Sociales podemos entender que este conocimiento de sentido común se constituye a partir de la propia experiencia pero también a partir de las informaciones, conocimientos y modelos de pensamiento que recibimos y transmitimos a través de la tradición, la educación y la comunicación social.

De algún modo se acepta así que este conocimiento es socialmente elaborado y compartido para explicar y comprender nuestro mundo cotidiano teniendo las características de un conocimiento práctico, es decir, que participa en la construcción social de nuestra realidad ya que permite dar sentido a los acontecimientos y actos que finalmente terminan por resultarnos familiares, (Berger y Luckman citado por Jodelet, 1986).

Si el docente acepta que la pertenencia de sus alumnos a una sociedad particular hará que exista una forma característica en que esos sujetos puedan aprender los conceptos, podrá también tener presente que ciertas representaciones sociales sobre el conocimiento científico a enseñar podrán incidir sobre el modo en que los estudiantes realicen un aprendizaje significativo.

Por lo dicho, se advierte que el papel de las representaciones sociales en la enseñanza es tan importante que para Jodelet (op cit) el rendimiento de los sujetos frente a cierta tarea es diferente según la representación que ellos mismos tengan de la situación: “su rendimiento es mayor cuando su representación concuerda con el ejercicio que deben realizar y menor cuando no concuerda con él”. Esto puede explicarse si se entiende que la

representación que elabora un grupo sobre la tarea que debe llevar a cabo define los objetivos y por lo tanto los procedimientos que este grupo de individuos debe poner en práctica. Por ejemplo, si la percepción que se tiene acerca de las tareas escolares se presenta como demasiado por encima de sus capacidades, éstas se transforman en obstáculos insalvables. Con la mención a este hecho se quiere demostrar de qué manera una representación puede incidir directamente sobre el comportamiento social y la organización del grupo, llegando a modificar su propio funcionamiento cognitivo. En otras palabras, un mismo hecho puede ser situado y analizado dentro de diferentes marcos de referencia y por supuesto de esta contextualización dependerá la forma en que reaccione este grupo social ante este hecho particular.

También es aceptado que las representaciones pueden influir en la forma en que se relacionan las personas entre sí, por ejemplo dependiendo de la representación social que adquiere cierto concepto en cuestión, como ocurre al tildar a alguien de "loco" o de "oligarca".

Y por supuesto, como ya se ha comentado anteriormente y cada vez resulta más incuestionable, la representación social que presente un determinado grupo sociocultural frente a determinado conocimiento o concepto incide en la adquisición de una actitud positiva o negativa ante ese determinado hecho o área del saber.

El campo de investigación de las representaciones sociales en relación con la enseñanza de las ciencias está casi virgen y debería plantearse la reflexión no solamente de los investigadores sino también de los profesores para que no desaprovechen las amplias posibilidades que ofrece. La comprensión de los sistemas simbólicos que intervienen a nivel grupal en el aula, influenciados por el nivel macro social que lo circunda puede contribuir a mejorar la didáctica de las ciencias en la búsqueda de un aprendizaje cada vez más significativo en nuestros alumnos.

Para el estudio de las RS que nosotros planteamos, se parte del supuesto de que toda representación tiene una estructura específica, organizada alrededor de un núcleo central que es el elemento que le otorga su significación.

La llamada “Teoría del núcleo central” enunciada por Jean Claude Abric, citado por Pereira de Sá (1996), propone “La organización de una representación presenta una característica peculiar: no sólo los elementos de la representación son ordenados jerárquicamente, sino que toda representación social es organizada en torno a un núcleo central, constituido de uno o de algunos elementos que dan a las representaciones su significado”.

Según este enfoque, las representaciones sociales se organizan en dos regiones: el núcleo central y la zona periférica. Ambas regiones se relaciona entre sí de manera compleja, dando forma a la RS.

Para Abric el núcleo central es estable, coherente y resistente al cambio mientras que el sistema periférico asimila las informaciones nuevas o las cuestiones que pueden afectar al núcleo central, para así protegerlo.

Por lo tanto, se entiende que el núcleo central es el componente que más resistirá al cambio, pues en esta visión, una modificación del núcleo produce la transformación completa de la representación. Está protegido, por tanto, por los sistemas periféricos, los cuales permiten, esencialmente, la adaptación de la representación a las evoluciones del contexto. (Uribe et al, 1997 citado por Araya Umaña, 2002).

La pregunta que nos surge es si nos será posible identificar alguna modificación en la RS que los estudiantes traen al aula, una vez abordada la construcción del concepto de cambio químico, considerado clave (o estructurante) en la enseñanza y el aprendizaje de la Química. En tal sentido, asumimos que la Teoría del núcleo central nos permitirá demarcar las zonas que pueden modificarse y aquellas que permanezcan inmutables pese a la instrucción.



# **CAPÍTULO 4**

## **LA COMBUSTIÓN, UNA REACCIÓN QUÍMICA PARADIGMÁTICA**



## CAPÍTULO 4

### La combustión, una reacción química paradigmática

*“La comunicación es siempre una creación de la comunidad en la que se comparten ideas, valores y sentimientos”.*  
Jay Lemke, 1993.

Probablemente la combustión haya sido la primera reacción química que el hombre, en los comienzos de la historia, utilizó en su provecho. El hecho de ser una reacción exotérmica le permitió calentarse, mantener las fieras alejadas y cocinar sus alimentos... todos hitos que marcaron la evolución de la especie.

Pero el hombre primitivo estaba muy lejos de poder comprender los mecanismos o el proceso que da lugar a esta reacción, así como las posteriores explicaciones que en los albores del establecimiento de la Química como Ciencia se propusieron para ésta y otras reacciones similares. En efecto, a partir del enunciado de Lavoisier sobre la determinación del papel del oxígeno en la combustión se produjo una reformulación muy amplia en el campo científico de la Química, periodo que se conoce como Revolución de la Química, en el cual esta teoría fue la piedra angular (Kuhn 1971/1996).

Pero recordemos cuál era el modelo que explicaba la combustión de los cuerpos antes de que Lavoisier presentara su teoría.

Para Stephen Mason (1985), al mismo tiempo que la escuela inglesa de Química decaía hacia finales del Siglo XVII, la escuela Iatroquímica<sup>3</sup> alemana revivía, produciendo la teoría del flogisto.

En ese tiempo se suponía que las sustancias químicas comunes contenían tres esencias o principios: azufre, el principio de inflamabilidad, mercurio, el principio de la fluidez y volatilidad y sal, el principio de la fijeza e inercia.

---

<sup>3</sup> La Iatroquímica, con bases en la alquimia, buscaba encontrar explicaciones químicas a los procesos patológicos y fisiológicos del cuerpo humano. Se la puede considerar como la precursora de la actual bioquímica.

De esta manera, el proceso de combustión como el de calcinación implicaba la descomposición del cuerpo en sus partes constituyentes.

A principios del siglo XVIII, el médico alemán Georg Ernst Stahl siguiendo las ideas de su maestro Joachim Becher (profesor de medicina en Mainz), propuso una explicación conjunta de la calcinación de los metales, la combustión de los cuerpos combustibles y la respiración de los animales, basada en la existencia de un "principio de la combustibilidad" que denominó "flogisto"<sup>4</sup>. Aunque a los ojos actuales esta explicación resulta errónea, tuvo la virtud de sistematizar procesos provenientes de diferentes ámbitos, sentando las bases de un posible modelo para explicar los hechos.

Para Stahl, el flogisto era un principio ígneo que formaba parte de las sustancias combustibles. Cuando éstas ardían, el flogisto se desprendía, pasaba a otra sustancia capaz de recogerlo y daba lugar a un movimiento que era el origen del calor y el fuego que se observan habitualmente en la combustión. (Bertomeu Sánchez y García Belmar, 2006).

Se pone en evidencia que las explicaciones que se daban a las diferentes reacciones químicas como la citada, contenían en gran medida parte de las doctrinas de los primeros iatroquímicos y de los alquimistas que concebían a las sustancias como compuesta por materia y espíritu. Confluye también el hecho de que no se hubiera gestado aún una concepción de elemento similar a la que ahora poseemos, y que la referencia más directa se remitiera a los "elementos" aristotélicos que poco tienen en común con los que aparecen en la actual Tabla Periódica. Cuando estos químicos hablaban de elementos se hacía entonces referencia a dichas combinaciones de materia y espíritu, el último de los cuales se perdía cuando la sustancia se sometía al calor.

De acuerdo con las ideas vigentes en la época, los metales estaban formados por flogisto y la cal correspondiente, de modo que, cuando se calcinaban, el flogisto se desprendía y dejaba libre la cal.



---

<sup>4</sup> Palabra derivada del griego Phlogistos (consumido por el fuego, inflamable), En realidad Stahl lo denominó: *das verbrennliche Wesen*, o sea principio combustible.

Es decir, que en esta versión o modelo del fenómeno, el calor es el agente que permite el desprendimiento del flogisto que se separa del metal dejando la cal.

Del mismo modo, para obtener el metal a partir de la cal, era necesario añadirle flogisto, el cual podía obtenerse a partir de una sustancia rica en este principio, como por ejemplo el carbón (citado por Bertomeu<sup>5</sup>.)

La llamada Teoría del Flogisto tuvo una gran influencia durante el siglo XVIII, y de ella se desprenden algunos postulados:

- *Toda sustancia capaz de arder, posee flogisto que escapa con la llama en la combustión.*
- *Todos los metales contienen tanto más flogisto cuando más fácilmente transformables son por la acción del calor.*

A este respecto, por ejemplo, podemos leer la traducción al castellano de un libro que fuera utilizado para la enseñanza de la Química que se impartió en la Universidad (editado en 1784 y reeditado en 1788 en Valencia). Se trata de *Elémens de chymie théorique* que junto con *Elémens de chymie pratique* aparecieron en 1749 y 1751 respectivamente en Francia. Son obras de Pierre J. Macquer, representante de los médicos franceses del siglo XVIII que impartieron clases de química y realizaron importantes contribuciones a esta ciencia.

*“Hasta el presente los químicos no han podido llegar a tener el flogisto puro y separado de toda otra sustancia, puesto que no hay más que dos medios para separarlo de un cuerpo del cual forma parte: a saber, presentarle otro cuerpo, con el cual se une en el mismo momento en el cual se separa del primero, o bien calcinar e inflamar el compuesto que se pretende separar. En el primer caso, es evidente que no se tiene el flogisto puro, puesto que no hace más que pasar de una combinación a otra; y en el segundo caso, el flogisto se descompone y se disipa enteramente, de modo que es absolutamente imposible retenerlo”.*

---

<sup>5</sup> Página de la Universidad de Valencia <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/macque2.htm> consultada por última vez en Abril de 2011

*“La inflamabilidad de un cuerpo es una señal certera de que contiene el flogisto; pero del hecho de que un cuerpo no sea inflamable, no se puede concluir que no lo contenga en absoluto; porque la experiencia nos ha demostrado que existen ciertos metales abundantes en flogisto que no son inflamables.”*

Y más adelante podemos leer:

*“Las sustancias metálicas son cuerpos pesados, brillantes, opacos y fusibles. Están compuestos principalmente de una tierra vitrificable unida con el flogisto. [...]*

*Es necesario comenzar por hacer mención de las experiencias que prueban que las sustancias metálicas están compuestas de una tierra vitrificable unida con el flogisto. La primera es que al calcinarlas de modo que no puedan tener comunicación con otra materia inflamable, se les puede quitar todas sus propiedades, reduciéndolas a una tierra o cal privada del brillo y de la ductilidad metálicas, la cual puesta al fuego, en lugar de fundirse en metal, se transforma en auténtico cristal [verre]”*

El triunfo de la Teoría de Stahl en ese momento puede interpretarse desde el punto de vista de la relación que se establece entre la combustión (proceso que como hemos dicho había sido aprovechado por el hombre desde el principio de los tiempos), la fermentación (otro proceso largamente aprovechado en la historia del hombre en la producción de bebidas alcohólicas) y también con la calcinación de los metales (proceso similar al que naturalmente degrada estos materiales de manera espontánea).

El hecho es que al calcinar un metal, fenómeno semejante al que ocurre en la vida cotidiana cuando los metales se oxidan, se obtiene un residuo que ha perdido las características esenciales de los mismos (brillo, ductilidad, maleabilidad) y que por su aspecto se ha denominado cal.

Pero en este proceso se produce un aumento de peso en el producto de la reacción difícil de explicar mediante esta Teoría. Stahl, o en realidad sus seguidores (Mason, 1985) remediaron la anomalía con una hipótesis *ad hoc*: el flogisto tenía peso negativo.

La explicación parece absurda a los ojos actuales, pero aparentemente la Química podía entonces estar alejada de la Física, ya que para esta última ciencia se aceptaba que todos los cuerpos eran atraídos por acción de la gravedad hacia el centro de la tierra. Gabriel Vernel, profesor de medicina de Montpellier en 1760 manifestaba:

*“El flogisto no se ve atraído hacia el centro de la tierra sino que tiende a subir, de ahí deriva el aumento de peso en la formación de cales metálicas...”* (Mason, op.cit.)

Pese a las imperfecciones de su teoría ante nuestra actual mirada, se debe destacar que Stahl es señalado en muchos de los libros de texto de química del siglo XVIII que lo mencionan, como "el más grande y sublime de los químicos", por el hecho de haber aunado en su teoría la explicación conjunta de los fenómenos detallados anteriormente (citado por Bertomeu<sup>6</sup>).

También en tal sentido, el filósofo Emmanuel Kant escribe en 1787 en su obra "Crítica de la razón pura":

*"...con la teoría del flogisto de Stahl se hizo la luz para todos los investigadores de la naturaleza".*

Para entender porqué posteriormente esta teoría se constituye en un verdadero obstáculo epistemológico para la explicación de la combustión y la calcinación debemos situarnos históricamente y recordar que unas décadas antes en la época de Stahl la química neumática aún no se había desarrollado. La falta de material apropiado para la contención y medición de volúmenes de sustancias en estado gaseoso contribuía para que, por lo tanto, los gases no fueran tenidos en cuenta durante los procesos químicos.

Por tal motivo, al tratar de interpretar los cambios de peso producidos durante la combustión, los científicos solamente tenían ojos para los sólidos y los líquidos (Asimov, 1975).

---

<sup>6</sup> Página de la Universidad de Valencia <http://www.uv.es/bertomeu/revquim/persona/15.HTM> consultada en Abril de 2011

Era un hecho que la “cal del metal” es más pesada que el metal inicial, pero la posibilidad de que esto fuera así debido a que el metal había “tomado” algo del aire era una opción que no se consideraba.

Para ello fue preciso entender primeramente a los gases como una variedad de la materia que poseía propiedades en común (al menos químicamente) con los sólidos y líquidos más familiares (Asimov, op cit) y, de este modo, dar otra explicación al fenómeno.

Podemos considerar que la misma afirmación es válida para nuestros estudiantes, quienes no suelen reconocer el papel de los gases en general y del oxígeno en particular en los procesos químicos, como lo han detectado numerosas investigaciones (Kind, 2004). Tal como lo manifiesta Gagliardi (1986), de la historia de la ciencia podemos recabar información acerca de cuáles han sido los hitos que permitieron el desarrollo de la ciencia actual, para pensar la ciencia que los estudiantes deben adquirir durante sus estudios.

Volviendo a los hechos, como se ha dicho, en 1786 aparece otra mirada para el mismo fenómeno, por lo cual cabe plantear otra explicación al mismo; leamos las siguientes palabras de Lavoisier (1789):

*“Tras pasar una parte de este aire a un tubo de vidrio de una pulgada de diámetro e introducir en él una vela, ésta ofreció un brillo deslumbrante. El carbón en lugar de consumirse lentamente como en el aire ordinario ardía con llama y fuerte decrepitación, a la manera del fósforo, y con una vivacidad de luz que los ojos apenas podían soportarlo. Este aire que descubrimos casi al mismo tiempo, M. Priestley, M. Schéele y yo, fue nombrado, por el primero, "aire desflogisticado" y, por el segundo, "aire empireal". Yo le di primero el nombre de "aire eminentemente respirable" y, más tarde, este nombre fue substituido por el de "aire vital". Veremos más adelante qué es lo que se debe pensar acerca de estas denominaciones.”*

*“El peso de las sustancias metálicas se va aumentando durante la calcinación a proporción del oxígeno que absorben y al mismo tiempo pierden su brillo metálico y se reducen a un polvo térreo.”*

Lavoisier presenta sus ideas en un escrito lacrado en la Academia de Ciencias de Francia. Su pensamiento fundamental, en contradicción con lo que hasta entonces se venía sosteniendo, era que:

*"La calcinación no es una pérdida de flogisto, sino la ganancia de otro elemento y por lo tanto era lógico que aumentara su masa".*

Podemos decir que la Teoría del Flogisto se apoyó en evidencias vistas a través de los “anteojos” que los químicos de la época tenían puestos, sus representaciones. Y que permitió construir un modelo del mundo con el cual manejarse, explicar y predecir y gracias al cual podían sostener de cualquier manera todas las observaciones que obtenían de sus experiencias.

Pero también se puede afirmar que esta teoría se constituyó posteriormente en un verdadero obstáculo epistemológico a salvar para poder dar paso a explicaciones científicamente válidas de los procesos de combustión, calcinación y fermentación. En tal sentido, para Bachelard (citado por Schuster, 2005) el progreso científico supone constantes rupturas entre el conocimiento ordinario y el conocimiento científico. En esta visión la ciencia rompe con la experiencia ordinaria colocando los objetos de la realidad bajo nuevas categorías que revelan propiedades y relaciones no disponibles para la percepción de sentido ordinario, tal como se advierte en el citado caso histórico cuando se desconoce la presencia del oxígeno en la reacción.

Y en esta misma línea se entiende que un obstáculo epistemológico es un concepto o método que impide lograr una ruptura epistemológica. En dicha obra Schuster recuerda que “los obstáculos son residuos de maneras previas de pensar que, cualquiera haya sido su valor en el pasado, comienzan a bloquear la marcha de la investigación”.

De este modo podemos pensar que, para nuestros alumnos, entender el proceso de reacción química explicando la combustión o la calcinación debe atravesar obstáculos similares.

El mismo Bachelard afirma que la noción de obstáculo epistemológico puede ser estudiada en el desarrollo histórico del pensamiento científico

pero también en la historia de la educación. Para él los obstáculos epistemológicos, en general, no están explícitamente formulados sino que operan de manera más cercana a las concepciones implícitas y por lo tanto, propone diseñar técnicas que permitan explicitar estas concepciones para vencer el obstáculo.

En este caso se trata de un cambio de óptica necesario para lograr entender un mismo proceso bajo dos miradas deferentes, bajo dos paradigmas distintos, o también podemos asumirlo como dos modelos diferentes que explican el mundo.

#### **4.1 El concepto de cambio químico en la enseñanza.**

Tal como ocurriera en los albores de la Química como Ciencia, en su enseñanza en el aula también hay evidencias de que los estudiantes presentan dificultades a la hora de considerar la función del oxígeno y otros gases durante las reacciones químicas. Aunque las problemáticas son más amplias aún, tal como veremos a continuación.

Dentro de los *curriculums* escolares, el tema de las reacciones o cambios químicos adquiere un valor medular. En tal sentido, Pozo (1994) afirma que el concepto de cambio químico es un concepto central o estructurante de esta ciencia, ya que su aprendizaje se relaciona, facilitando o perjudicando el aprendizaje de numerosos conceptos de la misma. Justamente la importancia de la temática y el hecho de coincidir con las expresiones de Pozo en el sentido de pensar que la construcción de esta noción permite mejorar el aprendizaje de la Química, nos ha llevado a elegirlo como tema de estudio en la presente Tesis.

Numerosas son las investigaciones que se han centrado en este mismo contenido, con diferentes criterios y resultados. Por ejemplo Barker (2001) citado por Casado y Raviolo (2005) afirma que los estudiantes mantienen concepciones alternativas respecto de las reacciones químicas que la enseñanza habitual del tema no trata con eficacia. En tal sentido, señala que la mayoría de los textos y de los docentes, le dedican escaso tiempo y espacio a sus aspectos conceptuales, considerando la importancia que esta temática adquiere en el currículum escolar.

Prieto Ruiz, (2007) expresa que en la enseñanza del cambio químico se debe tener en cuenta como punto de partida la combustión ya que es un fenómeno muy cotidiano, familiar a todos, y que “representa para el profesor al menos potencialmente, una buena manera de iniciar los primeros tratamientos de las reacciones químicas, conectando con lo que a los alumnos les resulta familiar”.

Ramsden (1997) y Barker y Millar (1999) citados por Özmen y otros (2003) estudiaron el pensamiento de los estudiantes acerca de la conservación de la masa en las reacciones químicas en sistemas abiertos. Los alumnos debían predecir si la masa de dos soluciones mezcladas para formar un precipitado cambiaría. Ambos estudios encontraron que los estudiantes tenían ideas erróneas sobre la conservación de la masa en las reacciones químicas. Mientras que algunos opinaban que la masa disminuiría, otros pensaban que la masa se incrementaría. Los resultados indicaron que ellos utilizaban un modelo ingenuo de la materia, dependiente de la percepción sensorial, consistente en considerar a los sólidos más pesados que los líquidos.

En resumen, la mayor parte de las investigaciones sobre el tema ‘cambio químico’ encuentran que los estudiantes tienen dificultades para construir un modelo cercano al de las explicaciones científicas y ser capaces de utilizarlo para predecir. En principio pareciera necesario construir la noción de conservación de los elementos, para la construcción efectiva de la noción de cambio.

Quizás podríamos ubicar los cimientos de estas indagaciones en la investigación paradigmática que fuera realizada por Rosalind Driver (Driver y otros 1996) con estudiantes de once y doce años y que luego se repitió con jóvenes de quince años. A todos ellos se les cuestionaba respecto de lo que creían que ocurriría si a una esponja metálica (de hierro) que estaba equilibrada en una balanza se la retiraba y colocaba sobre la llama, para después volver a poner en el platillo el residuo formado. Aproximadamente la mitad de alumnos encuestados, independientemente de su edad o del grado de enseñanza previamente recibido, señalaron (de manera errónea) que el peso de la esponja disminuiría después de la experiencia.

Alrededor de la cuarta parte de los niños de doce años predijo que la esponja se haría más pesada después de quemarla. La mayoría de estos estudiantes explicó que el incremento se debería a cambios físicos o a la adición del hollín proveniente de la llama.

Otra porción similar predijo que los pesos no cambiarían al finalizar la experiencia, ya que se trataba de la misma esponja. Aunque errónea en sí, esta respuesta indicaría una idea de la conservación de la materia.

Sin embargo, la creencia de que la esponja pesaría menos después de ser calentada constituyó la respuesta más extendida en todos los grupos, llegando hasta el 56 % del total de las respuestas en los jóvenes de quince años que no habían recibido enseñanza previa de estos temas. Entre las justificaciones se leen explicaciones del tipo «pesará menos porque algo se habrá consumido» o afirmaciones indicando que la pérdida de peso debe relacionarse con el humo que se escapa o que la ceniza resultante sería más liviana que la esponja original.

Las conclusiones muestran que los estudiantes han construido una idea prototípica de un cambio químico muy conocido por ellos como es la combustión, por la cual un sólido se transforma en ceniza y humo que se desprende. Evidentemente esta visión es coincidente con experiencias cotidianas, tales como las que ocurren al quemar leña o carbón, y por ello establecen un prototipo (o modelo) para entender estas reacciones. Y aunque los modelos pueden resultarles útiles a los individuos para predecir y explicar el mundo, también pueden constituirse en obstáculos para la comprensión de algunos conceptos científicos.

Se hace entonces necesario investigar no ya las ideas previas que los estudiantes traen al aula de manera aislada y descontextualizada, sino considerándolas en relación con los modelos que los individuos construyen para predecir y explicar.

Como se puede deducir de investigaciones como la citada anteriormente, entre las dificultades detectadas en el aprendizaje de este concepto se puede indicar que, como se mencionara al comienzo, el papel del oxígeno no ha sido tenido en cuenta por los estudiantes. Y que tal como surgiera de las explicaciones al fenómeno de la calcinación de los metales dada por los

seguidores de la Teoría del flogisto, no consideran la función de este gas, lo cual los lleva a construir explicaciones erróneas de procesos que lo involucran.

La justificación que se sugiere es que al ser el oxígeno invisible al ojo humano, y dado que los jóvenes confían sólo en la información concreta y tangible, no lo tienen en cuenta en sus explicaciones para reacciones de este tipo. Aunque también se comprueba que, aunque los estudiantes sean capaces de registrar el papel del oxígeno en la calcinación de un metal, la sensación de que los gases no tienen masa provoca que no se den cuenta de que los productos sólidos de una reacción de oxidación tienen una masa mayor que el sólido del comienzo (Kind, 2004).

Como se puede advertir, en realidad las dificultades se basan en los modelos que enmarcan estas dificultades a los cuales los estudiantes recurren para dar explicación al fenómeno.

Los investigadores deducen que los jóvenes han presenciado en su vida cotidiana infinidad de casos de combustión, por ejemplo, desde una vela que arde a la madera que se quema en el hogar. Han visto “desaparecer” el material de la vela y al humo desprenderse del hogar y, en este último caso, también a la madera transformarse en sólo un montón de cenizas. Y estas percepciones les han llevado a construir un modelo de sentido común que utilizan para predecir, muchas veces de manera errónea.

La tenacidad de estos esquemas frente a la enseñanza escolar puede deberse, en parte, al hecho de que “funcionan” bien en la vida cotidiana pero además, por ser compartidos por quienes conviven en un mismo grupo social. En el caso de la combustión la investigación educativa evidencia que las dificultades de comprensión del concepto de cambio químico provienen de la variedad de modelos erróneos sobre las reacciones químicas en sistemas abiertos (como la combustión) que los estudiantes poseen, tal como los que han sido citados.

Como se ha manifestado, muchas investigaciones se han dedicado a entender la problemática inmersa en la construcción del concepto de cambio químico en el aula. Entre ellas, la de Solsona y otros (2000) permitieron afirmar que los alumnos hablan sobre el cambio químico a

partir de tres enfoques que llaman: modelo mecano, cocina e interactivo, aunque detectan también estudiantes que no llegan a formular ningún modelo (los llaman modelo incoherente). Para estos investigadores, los estudiantes suelen lograr el aprendizaje al identificar un nuevo concepto o fenómeno con otro ya conocido. Sin embargo, cuando se trata de temas como el concepto de cambio químico, como se ha visto, este proceso resulta complejo por la dificultad existente para captar su similitud y sus diferencias con otros fenómenos interpretados implícitamente con anterioridad.

En otra investigación, Solsona y otros (2004) establecen que, por un lado, los alumnos deben comprender el concepto a nivel macroscópico, para lo cual es preciso familiarizarlos con él apelando a distintos ejemplos de reacciones químicas cotidianas y, por otro lado, entender su significado a nivel microscópico, como proceso de reordenamiento de átomos en el que se rompen determinadas uniones entre ellos y se forman otras nuevas. Pero también afirman que se hace necesario que los estudiantes sean capaces de entender las relaciones entre el nivel microscópico y el macroscópico a través del uso de representaciones simbólicas, fórmulas y ecuaciones químicas, tal como lo ha planteado reiteradamente Johnstone (1991).

En cuanto a la comprensión de estos procesos, Furió y otros (2000) proponen que los estudiantes deberían llegar a aprender de manera significativa relaciones que se establecen entre los diferentes niveles tales, como las que se indican en el cuadro:

Cambio, proceso o reacción química	
Interpretación macroscópica	Interpretación atomista o submicroscópica
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se forman <b>nuevas</b> sustancias.</li> <li>✓ La masa se mantiene constante.</li> <li>✓ Las sustancias que participan en la reacción están en una <b>proporción</b> de masa constante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Hay una <b>reestructuración</b> de partículas.</li> <li>✓ La conservación de la masa es <b>consecuencia</b> de la conservación de los átomos en el compuesto.</li> <li>✓ Las proporciones constantes son consecuencia de la <b>composición</b> de la sustancia</li> </ul>

Otros autores (Furió y Furió, 2000) también encuentran en los estudiantes obstáculos conceptuales y epistemológicos para el aprendizaje de los procesos químicos, especialmente a nivel cualitativo en el tema de las reacciones químicas, dificultades que provendrían de los niveles de representación de la materia que deben conocer y a los cuales deben recurrir. (Johnstone, *op cit*).

En tal sentido, Furió y Furió (*op cit*) plantean que la dificultad principal de los alumnos para interpretar el cambio químico proviene de la selección que ellos hacen de los “indicios” que les parecen más relevantes a la hora de interpretar una reacción. Por eso consideran que el problema no estaría en el hecho de que tomen como criterio para decidir si ha habido cambio químico la permanencia o no de las propiedades de la sustancia. En cambio el error metodológico estaría en extraer conclusiones a partir de la conservación de una única propiedad cualitativa (no intensiva o específica) como por ejemplo, el aspecto, el color, o el sabor. Para estos autores, éste parece ser el criterio superficial que siguen los estudiantes de Química cuando se les pregunta si ha habido cambio químico en experimentos no conocidos por ellos. Se plantea en el citado trabajo que un primer obstáculo a vencer por los estudiantes para comprender los cambios químicos consistiría en aprender significativamente el concepto macroscópico de sustancia química y saber diferenciarlo del de mezcla. Para ello se aconseja seguir el camino planteado por Johnstone y la necesidad de integrar los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico durante la enseñanza de este concepto clave, ya que “de los conceptos de sustancia y compuesto químico se pueden derivar la mayor parte de los modelos mentales que puede usar el alumnado para interpretar los cambios físicos y químicos que ocurren a nuestro alrededor”.

En el mismo artículo, se abordan las dificultades que presentan los estudiantes de escuela media a la hora de construir dichas nociones, retomando los “modelos mentales alternativos” descritos por Andersson (1990) a los cuales los estudiantes recurren para explicar un cambio químico:

- a) concebido como desaparición de sustancias.

- b) como desplazamiento de materia
- c) como simple modificación de propiedades
- d) como transmutación.

Sólo una muy baja proporción de los estudiantes optan, de acuerdo con esta investigación, por el modelo de interacción, próximo al aceptado científicamente. El mismo tipo de respuestas se obtuvo al interrogar a estudiantes de Química de Magisterio (Furió y otros, 2000).

Por otra parte, del Pozo (1998), propone también que los alumnos deben superar ciertos obstáculos en el proceso de construcción de este concepto. Sintetizando diversas aportaciones (Lloréns, 1991; *Equipe de Recherche Aster*, 1992; Gómez Crespo y Pozo, 1992; Astolfi, 1994), obtienen una serie de núcleos por los cuales caracterizan los principales obstáculos detectados:

- Los criterios (cualitativos/cuantitativos) utilizados para describir las propiedades de la materia. Reconocen que la apreciación meramente cualitativa constituye un obstáculo importante.
- Los criterios (conservación/transformación) utilizados para diferenciar los fenómenos. Encuentran un obstáculo en el predominio de criterios perceptivos y culturales para identificar los cambios.
- Modelo (continuo/discontinuo) de composición y estructura de la materia. La utilización del nivel macroscópico de la materia (referencias cualitativas tales como olor, sabor, color, textura) obstaculizan la comprensión de los cambios químicos ya que suponen un modelo continuo basado en las cualidades.
- El tipo de lenguaje (descriptivo/explicativo) utilizado para referirse a la materia y los cambios. El lenguaje de tipo descriptivo y cotidiano que emplean los alumnos para referirse a los cambios se constituye también en un obstáculo.

En su artículo *“La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de secundaria”*, Solsona e Izquierdo (1998) concluyen de su investigación que los alumnos intentan elaborar explicaciones del cambio químico a nivel macroscópico, pero la mayoría sólo hace una descripción del cambio químico, no lo interpreta. Los investigadores determinan que probablemente no han entendido la conservación de los elementos, según ellos, concepto fundamental para entender la transformación de las sustancias tal como propone la química.

Resumiendo, podríamos decir que entre las causas más claras de la dificultad que revelan los alumnos para entender el cambio químico se encuentra la falta de adquisición de un adecuado concepto de elemento y de sustancia (Llórens Molina, 1991). Es decir, el concepto de elemento como factor invariante durante el cambio químico sería la clave para entender que durante el cambio químico cambian las sustancias puras pero se conservan los elementos químicos.

También, entre los obstáculos que dificultan la formación del modelo se hace mención especialmente al papel de los gases, que al no ser perceptibles para el ojo humano, pocas veces son tenidos en cuenta en sus explicaciones para reacciones en las cuales intervienen. Contribuye a ello el hecho de que los jóvenes confían en la información concreta y tangible y que hacen por ese motivo una selección de los “indicios” que les parecen más relevantes a la hora de interpretar una reacción. En tal sentido, basados en criterios perceptivos, también consideran que los gases no tienen masa y por ello tampoco la tiene el oxígeno.

Quizás también, a la explicación de las citadas dificultades deberían agregarse las representaciones sociales que los jóvenes traen al aula respecto de este tema tan cotidiano.

También acordamos en que en la escuela, tal como se ha planteado, el papel de la enseñanza de las ciencias debiera ser el de ayudar a nuestros alumnos a construir un modelo más cercano al de las explicaciones científicas. Pero no intentando reemplazar sus modelos de sentido común, tarea que se ha demostrado infructuosa, sino permitiéndoles complementar ambos tipos de conocimientos.

Desde el punto de vista epistemológico, Bachelard, quien largamente se ocupa en su obra de la manera en que se aprende ciencia, afirma que los estudiantes llegan a los cursos con conocimientos empíricos ya contruidos y no se trata, por lo tanto, de construir una cultura experimental sino de cambiar una cultura experimental por otra, de derribar los obstáculos amontonados por la vida cotidiana (Bachelard, 2000).

Para Astolfi (1987), de manera coincidente *“la adquisición de conceptos por los alumnos no va a colmar un vacío de ignorancia, sino a substituir paulatinamente un cuerpo organizado de ideas y de concepciones previas.”* En ese aspecto, este autor también propone un camino de superación de obstáculos, imprescindible en el aprendizaje de los conceptos científicos en la escuela.

Sin embargo, Bachelard también considera que el conocimiento científico se funda en oposición al conocimiento sensible, que es no científico. En realidad, él expresa que, *“un conocimiento más avanzado siempre viene acompañado por una plétora de razones coordinadas”*. Es decir, se asume que cuando se avanza en el conocimiento para convertirse en científico, se ve aumentar el papel de las teorías, el conocimiento se vuelve más complejo, estableciéndose múltiples relaciones entre conceptos relacionados, lo cual coincide con las premisas que hemos planteado en el Capítulo 3 al hablar de las diferencias entre el conocimiento científico y el de sentido común.

También dice Bachelard que la ciencia progresa a través de revoluciones que se producen cuando se derriban obstáculos y es posible construir otra visión de la realidad. Pero tiene en cuenta la posibilidad de que la nueva configuración científica rectifique la anterior, aunque señala en ese aspecto en su obra *La filosofía del no*, que la ciencia progresa efectivamente rectificando errores pero especifica que debe atenderse especial importancia al prefijo “no” que indica la relación de la nueva teoría como referencia a la anterior. En tal sentido, por ejemplo, cuando se expresa que la Teoría de Einstein es *no newtoniana*, aclara que este prefijo no indica contradicción sino simplemente complementariedad: la nueva teoría restringe a la anterior, la incorpora en su extensión sin invalidarla.

Considera, entonces, que la corrección del error no es necesariamente invalidación y propone así una filosofía de complementos.

En otras palabras, el citado autor ve en las nuevas teorías un involucramiento de los pensamientos antiguos por los nuevos, una serie de ensamblajes sucesivos sin contradicción. “*Del pensamiento no newtoniano al pensamiento newtoniano no hay contradicción sino contracción*”. Desde esta postura, Bachelard define al saber científico como la ampliación constante de los esquemas de conocimiento que se logra rectificando el error, corrigiendo errores. Es decir, impulsa una visión de complementariedad imprescindible en la formación de los conceptos científicos que quizás deberíamos retomar en la enseñanza de las ciencias en el aula.

## **4.2 Dificultades surgidas de los tres niveles de representación de la materia**

Entre las dificultades de mayor incidencia en la Enseñanza de la Química no pueden dejar de mencionarse que la mayoría de las investigaciones destaca los niveles de representación de la materia a los cuales se debe recurrir al abordar los conceptos químicos.

En este sentido, recordemos que la propuesta de Alex Johnstone hace referencia, tal como se ha expresado más arriba, a las diferentes formas de representación de esta ciencia que han sido tomados como base de infinidad de investigaciones posteriores.

Johnstone (1991, 1999, 2010) propuso para explicar los problemas que manifiestan los estudiantes en aprender los conceptos de la Química, que esta ciencia posee tres niveles de representación: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico.

El nivel macroscópico es aquel en el cual nos manejamos a partir de la experiencia sensorial directa, mediante la información proveniente de nuestros sentidos, basada en propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. Por ejemplo, al mostrar en el laboratorio escolar el cambio de color que se produce al colocar una sustancia ácida en contacto con el extracto de repollo colorado, nuestros estudiantes son capaces de

adquirir este nivel de información que podrá ser sólo una característica macroscópica asociada al fenómeno. Pero también (y es esperable) podrá ser una faceta a tener en cuenta para la construcción de conceptos importantes de la Química tales como ácido, o reacciones ácido-base.

Para este autor, el nivel macroscópico se ve complementado con el submicroscópico, que corresponde a los modelos mentales (científicos o no) que posee el sujeto y que le permiten explicar el fenómeno observado.

Es el caso, por ejemplo, de las diferentes teorías propuestas por los químicos para explicar las propiedades de las sustancias ácidas, que poseen características como la de virar el color de los indicadores como el extracto de repollo.

Tal como lo plantean Sanmartí y otros (1999) quizás la dificultad que se genera en nuestros alumnos en el aprendizaje de la Química se basa en que, para explicar hechos observables (nivel macroscópico) deben recurrir a entidades no observables (nivel submicroscópico), es decir, deben hacer referencia a los modelos y teorías. Por ejemplo, estos autores consideran que *“el alumnado observa y constata que llueve, pero para explicar este fenómeno debe hablar de evaporación, condensación, de frentes, presiones, etc”*.

En otras palabras, se entiende que una explicación científica es como un iceberg: se pregunta sobre aquello que emerge en el mundo, pero al alumnado se le pide que lo explique utilizando conocimientos que forman parte de la porción del iceberg que se encuentra sumergida, es decir, el modelo teórico (Sanmartí y otros, op.cit.).

Una concepción similar expresan Giordan y de Vecchi (1988) al afirmar que *“cuando damos una clase se establece una comunicación con los alumnos que está condicionada por las ideas previas de estos”*. En tal sentido, hacen también la analogía con un iceberg de hielo que luego es tomada por otros autores. Ubican las actitudes, procedimientos y conocimientos *“que se ven”* en la dinámica de las clases. Pero consideran que no se puede dejar de considerar que lo que los alumnos manifiestan está sostenido por el 90 % restante de la estructura, compuesta por lo que *“no se ve”*, tales como concepciones, red de significados, marcos de referencia y también las raíces afectivas, que está por debajo de la línea de flotación y que no son

directamente observables pero condicionan la participación de los estudiantes en el aula.

Además afirman que *“el saber no se adquiere de una vez por todas, mediante la observación; se elabora a partir de las concepciones existentes, a través de un largo proceso de distanciamiento y decantación que desemboca en la construcción de otro enfoque de la realidad”*. Los autores citados hacen un paralelismo en la construcción de los saberes en los estudiantes y la manera en que en la historia de la ciencia se construyen algunos conceptos clave como la transmisión hereditaria y la fecundación (conceptos estructurantes de la Biología) que bien puede aplicarse al caso de la combustión y la calcinación de metales, tal como lo hemos considerado en este trabajo.

Pero en el caso particular de la Química, las dificultades se acrecientan ya que se necesita recurrir también a un lenguaje propio, en el nivel simbólico, que involucra forma de expresar típicas de esta ciencia como lo son las fórmulas, las ecuaciones químicas, etc.

Estos niveles de representación, se relacionan para Johnstone (1991) en un triángulo, según muestra la figura 4.1. El docente, experto en el tema, recorre de manera implícita los tres niveles, cuando expone las cuestiones químicas ante sus alumnos.

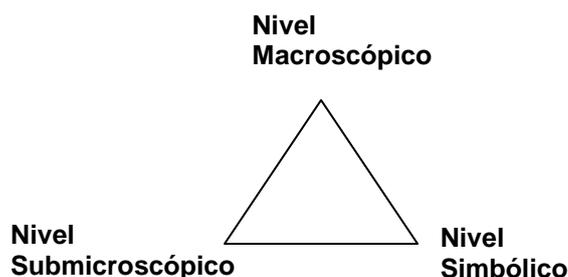


Figura 4.1 Niveles de representación de la Química, según Johnstone (1991).

Por ejemplo, cuando el profesor ante los estudiantes pone en contacto dos líquidos incoloros y transparentes (soluciones de nitrato de plata y cloruro de sodio, tal como proponen Galagovsky *et ál.* (2003) y se produce un precipitado blanco, en este simple acto aparecen componentes de los tres niveles de representación propuestos por Johnstone.

En primer lugar y a nivel macroscópico es posible percibir los aspectos más concretos de esta experiencia: la aparición del precipitado. El docente luego busca explicaciones (en los modelos científicos que posee respecto de este fenómeno) y lo explica a sus alumnos a nivel submicroscópico, recurriendo a algún marco teórico. Por ejemplo en el marco de las reacciones de desplazamiento, o bien de la solubilidad de los compuestos para el caso del precipitado.

Y finalmente, recurriendo al nivel simbólico, escribe en el pizarrón algo como:



Símbolos que leídos por un experto indican claramente la reacción química que se ha llevado a cabo.

Por lo tanto es posible advertir que, para Johnstone, la Química se puede estudiar en el nivel macroscópico, pero debe ser descrita en un nivel microscópico (en realidad nosotros preferimos hacer referencia a este nivel como submicroscópico, para evitar caer en un realismo ingenuo de pensar que con un microscopio podríamos ver lo que en realidad son teorías y modelos), pero también se representa de una manera simbólica, a través de símbolos químicos, fórmulas químicas y ecuaciones químicas. Y estas características hacen que aparezcan grandes dificultades en el aprendizaje de esta ciencia.

Este “triángulo” que evidencia las maneras de representación de la Química, generalmente no se tiene en cuenta a la hora de enseñar, y los profesores suelen atravesarlo desde su saber erudito, saltando de uno a otro nivel. Pero para los alumnos los tres niveles pueden ser interpretados de diferentes formas, provocando fracaso en el aprendizaje ya que ellos suelen construir un saber fragmentado, sin lograr integrar las piezas de este rompecabezas.

Para Johnstone (citado por Gabel 1999) el aprendizaje de la Química se fundamenta en la construcción de redes conceptuales en la memoria de largo plazo. Pero, dada la limitada capacidad de la memoria de corto plazo de los alumnos (llamada memoria de trabajo), con la cual se trabaja

durante las clases, las tres representaciones de la materia no pueden introducirse simultáneamente en el estudiante novato, para darle a éste la posibilidad de conectarlas. Sin embargo, es habitual, como se ha mencionado, que se trabajen en el aula desde las primeras clases conceptos que pueden ser observados en el nivel macroscópico pero únicamente explicados en un nivel diferente o que se otorgue demasiado peso al simbolismo. Johnstone afirma que en la mente de muchos estudiantes no hay puentes entre los niveles micro, macro y simbólico.

También Gabel (1999) justifica las dificultades encontradas en cuanto a la enseñanza de la Química por el énfasis generalmente puesto en el aula sobre el nivel simbólico y la resolución de problemas algorítmicos, a expensas de los niveles macro y micro, y por las insuficientes conexiones que se establecen entre los tres niveles.

En realidad, y basados en los niveles ya descritos, podemos decir que, como afirman Raviolo y Casado (2005) desde esta perspectiva, saber Química es poder aplicar estos niveles, de una forma relacionada, al estudio de un fenómeno.

También otros investigadores recurren a estas características (Rocha, 2005) cuando afirman que, por ejemplo, el concepto de sustancia pura puede ser interpretado:

- ✓ *a nivel macro*: una sustancia pura tiene propiedades que la caracterizan.
- ✓ *a nivel micro*: una sustancia pura está formada por partículas iguales (átomos, moléculas o iones).
- ✓ *a nivel simbólico*: una sustancia pura puede representarse por una fórmula o por un símbolo químico.

Pero en definitiva, la Química, *“como ninguna otra disciplina científica, comprende conceptos que son completamente abstractos, que sirven para interpretar las propiedades macroscópicas de los sistemas materiales y sus cambios. Polvos amarillos pueden ser elementos, sustancias puras o mezclas; líquidos o gases incoloros pueden ser diferentes sustancias o*

*diferentes mezclas... ¿Qué posibilidades cognitivas, desde sus experiencias previas de aprendizaje perceptual, tienen los estudiantes para comprender conceptos químicos abstractos, si ni siquiera conocen esas propiedades macroscópicas?” (Galagovsky, 2005)*

### **4.3 El lenguaje como vehículo de la modelización.**

Como una faceta más que incide en la construcción de los conceptos químicos (aunque se puede hacer extensivo a nociones de cualquier otra área) no podemos dejar de lado la función del lenguaje en la enseñanza ya que, según lo expresado, la Química posee modelos de representación que a su vez necesitan ser transmitidos mediante el lenguaje.

Para muchos profesores es habitual suponer que al reproducir el vocabulario científico el estudiante se apropia de su significado sin tener en cuenta que en realidad, este hecho no garantiza la adquisición de un verdadero aprendizaje significativo sino quizás una buena capacidad memorística.

Sin embargo, el lenguaje permite la construcción de las nociones mediante un proceso mental complejo así como también posibilita recurrir al modelo adecuado para explicar los fenómenos (Sutton 1998, citado por García y Sanmartí 2001).

Actualmente muchos investigadores sostienen que el progreso de la capacidad de razonamiento, en una visión para nada piagetiana, va desde el conocimiento proposicional a la capacidad de justificación (García *et ál.*; 2002). Esto implica que en la enseñanza de las ciencias, además de abordarse modelos sobre el mundo físico, es necesario que los alumnos adquieran capacidad de razonamiento sobre los hechos de las ciencias, que podría ir ligada a su capacidad de justificación o argumentación.

Billing (1987, citado por Candela 1999) afirma que la organización argumentativa está en la base de buena parte del razonamiento conceptual, de lo cual puede concluirse que las intervenciones argumentativas de los alumnos permiten hacer inferencias sobre sus formas de razonamiento. Siguiendo esta línea de pensamiento, muchos investigadores asumen necesario desarrollar en los alumnos ciertas

capacidades cognitivo-lingüísticas como la argumentación. Se comprenden dentro del concepto de argumentación a las intervenciones que, inmersas en el discurso, se dirigen a convencer al otro de nuestro punto de vista, siendo la retórica el estudio de la práctica de la argumentación.

Puede decirse que la argumentación tiene lugar cuando se ponen en juego, en el seno de un grupo, diferentes perspectivas para llegar a un acuerdo sobre cuáles son las afirmaciones del conocimiento que se aceptan o las líneas de acción que se toman en consideración. Como se ha planteado, este tipo de procesos surge en las clases de ciencias cuando se da a los estudiantes la oportunidad de asumir una toma de posiciones, mediante diferentes situaciones creadas expresamente para tal fin, aunque lamentablemente no son la práctica habitual.

Para muchos investigadores, los alumnos logran realmente "aprender a hablar ciencia" (Lemke, 1993) a través de las oportunidades que se les brinda para que practiquen el razonamiento y la argumentación en forma individual o colectiva.

Investigadores como Sanmartí *et ál.* (1999) han encontrado que *"en general los alumnos que tienen dificultades para construir las ideas científicas tampoco son capaces de escribir buenos textos para comunicar su pensamiento"*. Como respuesta a este hecho plantean la necesidad de estimular a los alumnos a expresar por escrito sus ideas para promover un conocimiento más significativo y simultáneamente desarrollar en los estudiantes la capacidad de comunicar sus nuevas nociones. Las autoras concluyen en su trabajo que, a lo largo del proceso de aprendizaje, se puede comprobar cómo los alumnos se van apropiando de las ideas introducidas y cómo van incorporando paralelamente un proceso de síntesis de dichas ideas, característico del lenguaje científico.

En numerosas propuestas de diferentes países que han llevado las reformas educativas, así como sucede en Argentina, se ha planteado la necesidad de formar en el campo científico futuros ciudadanos críticos y responsables a la hora de tomar decisiones. Y también en esta postura se inscribe la necesidad del aprendizaje de destrezas de razonamiento y argumentación por parte de los alumnos para lograr estas expectativas en su desempeño como ciudadanos (Jiménez, citado por García y otros 2002).

En resumen, y como plantean Driver y Newton (1997, citados por Sardá 2001), los grandes objetivos que se pretenden asumir con la nueva perspectiva de enseñanza de las ciencias implican que los alumnos al mismo tiempo que desarrollen los conceptos de la ciencia recorran sus caminos de razonamiento, o sea, su discurso argumentativo, reconociendo sus características.

Respecto de lo que significa argumentación, Driver y Newton (citado por García *et ál.*; 2002) consideran que la argumentación puede considerarse tanto una actividad individual como una actividad social que tiene lugar dentro de un grupo. En este último caso permite el desarrollo de "un tipo de razonamiento colectivo o compartido relacionado con la argumentación social" (Pontecorvo y Girardet 1993, citado por García 2002).

Es por eso que Driver y Newton (*op.cit.*) definen argumentación como el proceso por el que se da una razón a favor o en contra de una proposición o línea de acción y es de esperar que, en una perspectiva de la construcción social de la ciencia, los alumnos desarrollen esta destreza de argumentación.

Neus Sanmartí considera que una actividad científica escolar debe basarse en la experimentación, la modelización y la discusión, actividades que promueven así una reconstrucción racional de los fenómenos (Izquierdo *et ál.*, 2007). Afirma que a partir de estas acciones, por ejemplo aplicadas a la enseñanza del tema Cambio Químico, se irá constituyendo en el aula, un Modelo que les permitirá a los estudiantes la transformación de los ejemplos de aula en modelos en el sentido de que contengan en sí mismos afirmaciones válidas para todos los cambios químicos. El abordaje que propone es una manera de afrontar la enseñanza de esta temática, basada en un *"proceso de modelización, gracias al cual 'hechos' desconectados llegan a constituirse en una trama de relaciones con sentido, a partir de la cual se identifican 'reglas' que guían las acciones, las ideas y los lenguajes con los cuales se interviene de manera coherente en los fenómenos"*.

Stephen Toulmin propone en *The uses of argument* (1958, citado por Marafioti comp. 1998) que debe hablarse de un nuevo discurso del método, que incorpore al método científico la metodología racional capaz de explicar

el proceso por el cual los conocimientos se acrecientan. En su obra define un diseño para el procedimiento de la argumentación y analiza la técnica por la cual un sujeto propone una aseveración para mantener otra aseveración que había emitido y que es puesta en duda por su interlocutor. En tal sentido sostiene que, cuando se emite un discurso, una afirmación, ante un cuestionamiento por parte del interlocutor, el dicente debe ser capaz de exponer datos o fundamentos que justifiquen su enunciado. El esquema argumentativo propuesto incluye la posibilidad de que puedan emitirse respaldos o soportes para apoyar la afirmación primera.

Todos estos aportes de Toulmin fueron tomados por la corriente de la lógica no formal y los fundamentos del análisis de discurso que tuvo en EEUU gran auge a partir de los años 70. Para esta postura, la argumentación tiene diferentes pretensiones según el contexto en el que se las ponga en juego, revelando así la importancia del campo social, ya que en ámbitos diferentes son distintas las pretensiones de validez. En este sentido, el autor sostiene que las reglas de la argumentación son específicas del campo y así reconoce grandes campos donde esto se pone en juego: el ámbito jurídico, la medicina, la política, la crítica de arte, la dirección de empresas y la ciencia. En cada caso la validez de los argumentos solo puede entenderse si se los sitúa en sus contextos. Toulmin propone que el razonamiento y la argumentación adquieren el lugar de elementos centrales de una empresa humana amplia a la que designa como *empresa racional*.

La argumentación, tal como se ha expresado, podría caracterizarse como la intención de convencer a un auditorio. Esta visión lleva a que muchos investigadores, según se ha planteado anteriormente, se orienten a tratar de desarrollar la competencia lectora y la capacidad de producción textual de los alumnos. Y también esta postura ha permitido que autores como Pozo y Gómez Crespo (1998) hagan referencia a la dificultad que encuentran los jóvenes en utilizar sus conocimientos en el área de las ciencias para redactar verdaderas predicciones eficaces y viceversa, cuestiones que indicarían que su aprendizaje no ha resultado significativo. La importancia del análisis del discurso como práctica social parte de la premisa que el habla y el discurso cotidianos tiene una organización argumentativa, y permite analizar situaciones de aula en las que los alumnos deban hacer uso de sus recursos discursivos, para argumentar

sus puntos de vista y tratar de convencer de su validez. Investigadores como Candela (1999) han tratado de mostrar el efecto del contexto argumentativo que se crea por la interacción discursiva en el aula. De esta manera, el contexto social interactivo enriquece las explicaciones ya que los alumnos son responsables de convencer al grupo sobre la pertinencia y utilidad de las explicaciones del texto. Se generaría entonces una estructura retórica de la clase, y la autora considera la importancia de que de esta manera la construcción del conocimiento científico en el aula estaría convenientemente ubicada más cerca de la retórica que del positivismo, cambio de paradigma largamente deseable según las visiones contemporáneas en enseñanza de las ciencias.

En este marco y entendiendo que en la construcción del conocimiento científico es fundamental el papel que juega la comunicación de las ideas, son muchos los investigadores que empiezan a plantear que también en la construcción de la ciencia escolar debe darse mucha mayor importancia a las explicaciones científicas elaboradas en el aula, por ejemplo propiciando la escritura de textos por parte del alumnado (Sanmartí *et ál* 1999).

Sin embargo, los profesores generalmente no enseñamos a los alumnos a hablar y escribir ciencias y esto hace que la mayoría de ellos no adquiera esta destreza discursiva. Y para Lemke (1993) y otros autores, la ciencia es un proceso social en el que se adoptan formas de hablar, razonar, analizar y escribir aprendidos en la comunidad y por lo tanto, enseñar ciencia también es enseñar a hablar de ciencia en el idioma que le es propio, a partir de los modelos y recursos que ha generado y que genera esta comunidad.

#### **4.4 A manera de resumen**

En la segunda mitad del siglo XX cada vez con más fuerza se fue imponiendo en el pensamiento científico el marco de las Nuevas Filosofías de las Ciencias (NFC) que, de la mano de epistemólogos como Kuhn y Lakatos fundamentalmente, permitió entender que la construcción de las ciencias no es un hecho que ocurra aislado de la realidad histórico - social en la que se produce.

Comienza así a cuestionarse la pretensión de caracterizar a la ciencia como un sistema objetivo de conocimiento para entenderse como surgida del consenso de la comunidad científica que convive en una época determinada. Es desde estas nuevas filosofías de las ciencias que puede comenzar a entenderse el conocimiento científico como un razonamiento que se exterioriza ante una comunidad científica que lo discute y lo evalúa. Entender la ciencia de esta manera implica entonces dar lugar a la inclusión de diferentes modos de argumentación como una de las formas en que los científicos validan los conocimientos.

Estos cambios en la manera de entender los procedimientos de la Ciencia repercuten en la forma en que se plantea su enseñanza en el aula. Y de esta manera, en forma pausada, comienza a tomar cuerpo la idea que la enseñanza de las ciencias, al igual que otros campos de la cultura, también se encuentra fuertemente mediada por procesos relativos a la comunicación que posibilita la construcción de los conceptos científicos.

Se llega así a la convicción que los alumnos logran la evolución de su pensamiento a través de la construcción de un modelo explicativo adecuando a los fenómenos científicos estudiados, pero que éste se manifiesta además en un modelo argumentativo propio. Es decir que, muy alejados de la visión de un sujeto que asimila el conocimiento como una simple reproducción de un saber disciplinar elaborado, se concibe una reconstrucción personal de cada alumno enmarcado en su propio contexto escolar y la relación con otros.

En esta línea cabe hacer referencia a autores que desde Jerome Bruner en adelante, por no remitirnos a Lev Vygotsky, afirman que el desarrollo cognoscitivo está condicionado social y culturalmente y en este condicionamiento cultural es destacable el papel que le conceden a la comunicación.

Se acepta no sólo que la situación de enseñanza y aprendizaje encierra un proceso de comunicación entre el profesor y los alumnos sino que la construcción del conocimiento escolar está asimismo enmarcada en la comunicación entre los estudiantes en el contexto del aula.

Llevado a la práctica, esto significa que el aprendizaje de las ciencias se logra en una forma compleja, que se manifiesta en la medida en que el alumno es capaz de articular un discurso propio del área. Es decir que las habilidades lingüísticas son una parte inseparable del proceso de aprendizaje de las diferentes áreas de conocimiento, y que el profesor de ciencias debe trabajar en la orientación del alumno hacia la producción discursiva lo cual incidirá directamente y de manera positiva en los aprendizajes.

En líneas generales, en cualquier propuesta de aula, cuando se les pide a los alumnos que expliciten sus "teorías en acción" o sus ideas intuitivas para luego tratar de plantear sus hipótesis y defender su postura, se está considerando como objetivo que los estudiantes desarrollen sus destrezas argumentativas. Cuando se plantea la necesidad de una puesta en común en la que los alumnos discuten sus posturas se está en el mismo camino. Cuando en el laboratorio se plantean verdaderos problemas y no meros ejercicios se está también ante una instancia de argumentación en la cual los estudiantes deben entrenar el razonamiento y la justificación.

Sin embargo, es muy lenta la llegada al aula de ésta y otras propuestas basadas en investigaciones. Entre otros motivos de esta demora se puede decir que los libros de texto que las editoriales ofrecen, en general, reflejan poco de las nuevas tendencias didácticas aunque en cambio suelen mostrar un avanzado desarrollo en el llamativo diseño de los mismos.

Por tales causas, en la presente investigación se ha optado por el desarrollo de un Módulo de instrucción para trabajar en el aula el tema Reacciones Químicas, que refleja muchas de las tendencias didácticas citadas anteriormente. Se ha elegido, como eje central del mismo, partir de una reacción química que se considera paradigmática; el proceso de combustión. Se entiende que el estudio de reacciones como ésta, abarcando diferentes niveles de abordaje de las mismas, les permitirá a los estudiantes construir un modelo explicativo escolar adecuado.

Se considera marco de la presente investigación la postura de Moreira (2002) quien afirma que al resolver situaciones en el aula el sujeto actúa con el auxilio de invariantes operatorios (teoremas y conceptos-en-acción) pero que al ser implícitos el alumnos no es capaz de expresarlos. Ese

conocimiento no puede ser apropiadamente llamado conceptual ya que, tal como lo expresa Vergnaud (1990) el conocimiento conceptual es necesariamente explícito y por lo tanto la enseñanza tendrá como objetivo también explicitar los modelos de los estudiantes.

Se asume que la comunicación (por medio de palabras, oraciones y otras expresiones simbólicas), es un instrumento cognitivo indispensable para la transformación de los esquemas implícitos, en conceptos y teoremas científicos, necesariamente explícitos.

Por lo dicho, se hace necesario retomar la idea de *modelo mental*, como construcción de los individuos que les permite explicar el mundo y que, por lo tanto, puede también aparecer antes de la instrucción escolar.

Se tiene en cuenta en el desarrollo del material de instrucción, además, que las relaciones sociales envuelven una serie de representaciones que los individuos tienen en común sobre diferentes aspectos del mundo y que las representaciones sociales juegan un papel importante en el establecimiento de los modelos mentales de nuestros estudiantes.

Por lo cual, siguiendo esta línea, el constructo representación social parece ser una manera válida de abordar los obstáculos de sentido común que conspiran en el aula en contra de la construcción del modelo de cambio químico deseado.

Es decir, en el presente estudio, se considera que las dificultades para el aprendizaje de ciertos conceptos químicos que manifiestan nuestros alumnos, surgen también por el impacto que las RS generan en la construcción de dichos conceptos. Y que es posible detectar la presencia de representaciones socialmente compartidas respecto de los cambios químicos y su evolución en el aula durante las clases.



# **CAPÍTULO 5**

## **LAS REPRESENTACIONES SOCIALES Y LA DETECCIÓN DEL NÚCLEO CENTRAL**



## **CAPÍTULO 5**

### **Las RS y la detección del núcleo central**

*“El empirismo necesita ser comprendido y el racionalismo necesita ser aplicado”*  
Gastón Bachelard, 2003.

Como ya se ha planteado en el Capítulo 3, las representaciones sociales (RS) se consideran un mecanismo activo de circulación de sentido en la sociedad de manera tal que permiten, entre otras cosas, la construcción de un determinado conocimiento científico que se da a conocer en un ámbito social. Este mecanismo ocurre reordenando de cierta manera los elementos del mundo a partir de nuestras experiencias, de las informaciones que recibimos y transmitimos a través de las tradiciones, la educación, y la comunicación social entre los grupos.

Y si entendemos que, tal como lo propone Moscovici (1979), las RS se encuentran relacionadas con fenómenos de comunicación y significado, resulta adecuado aplicar este constructo al contexto social que se reproduce también en el aula de clase. El aula resulta netamente un ámbito social, reconocido como tal en numerosas investigaciones que relacionan el aprendizaje con el contexto en el cual se desenvuelve y ciertamente es el medio en el cual se intenta construir gran cantidad de conceptos relacionados con las ciencias en general y, por lo tanto, es campo propicio para la circulación y el abordaje de las RS.

En la presente investigación, además, se imaginan las RS como una preparación para la acción, es decir, con la función de una teoría en acción, tal como se las ha caracterizado en el Capítulo 2. En tal sentido se postula que, de acuerdo con lo que el sujeto “se represente” respecto de determinado concepto o situación, será el comportamiento o la respuesta que sea capaz de dar en el momento en el cual deba opinar u operar sobre la situación a resolver.

Además, es oportuno recordar que en esta Tesis se afirma que la formalización del concepto de cambio químico se materializa en la mente de los estudiantes sobre las RS que ellos poseen acerca del tema. Es decir

que la construcción de este concepto, como el de otros relativos a la ciencia, no se produce en el aula virgen de otras concepciones o representaciones. Muy por el contrario, se postula que en su construcción juegan un papel activo las RS que los jóvenes han erigido de manera casi colectiva sobre esta temática en momentos previos a la instrucción formal al respecto.

Asimismo, y tal como se ha manifestado en el capítulo 4, se cree que la comprensión y la apropiación del concepto de cambio químico es central dentro de los currícula de Química dada la cantidad de nociones que envuelve pero, por otro lado, se considera que hasta el momento no han sido abordadas las posibles relaciones que este concepto tan relevante mantiene con las RS que los estudiantes poseen al respecto.

En la visión aquí asumida, por la cual se acepta que las RS intervienen en la construcción formal de ciertos conceptos clave de la Química, se profundiza sobre la idea de que la noción de cambio químico se construye complementando los aprendizajes escolares del área con las consideraciones y creencias que la sociedad posee de este tema y también con las concepciones que se transmiten en diferentes escenarios, incluyendo referencias previas surgidas asimismo dentro del ámbito escolar.

En cuanto a la constitución de las RS, recordemos que Moscovici habla de dos procesos básicos que se llevan a cabo durante la constitución de las mismas: el anclaje y la objetivación. El proceso de anclaje se considera responsable del tejido de significados que se van construyendo en torno al objeto cuya naturaleza se desconoce y que guía así sus relaciones con el medio, por lo cual es un mecanismo que perfectamente se aplica en el caso que en este trabajo se desarrolla; en tanto que la objetivación corresponde al momento del proceso de pasaje de los conceptos o ideas hacia esquemas o imágenes concretas, ejemplos de lo cual podremos analizar más adelante. Por medio de estos dos procesos se logra entonces la integración de la novedad que, de manera simultánea, es interpretada como realidad, y además se cumple con la orientación de conductas y relaciones sociales, procesos que constituyen las funciones de las RS.

Como ya se ha expresado en el Capítulo 3, en esta indagación se asume la importancia del Núcleo Central según lo expresa la Teoría de Abric (2001), quien propone que toda RS está estructurada sobre un núcleo que determina su significado y su organización interna.

Para este autor (citado por Mazzitelli y Aparicio, 2009) se considera fundamental detectar la estructura del núcleo ya que “dos representaciones son diferentes si se organizan alrededor de distintos núcleos, aun cuando sus contenidos sean coincidentes”. De acuerdo con esta postura, en torno del núcleo se organizan elementos periféricos cuya presencia, ponderación, valor y función son determinados por él y esta es la zona que toma contacto con la realidad, y por lo tanto cumple el papel de preservar el núcleo de las posibles transformaciones que pudieran ocurrir.

Abric (2001) afirma que el cinturón que rodea al núcleo central cumple diferentes funciones, entre las cuales podemos mencionar la regulación que ajusta la RS a las modificaciones del medio y la función de defensa, que protege la RS cuando aparecen hechos contradictorios o que no pueden ser explicados por la RS.

Siguiendo esta línea, entonces, se buscará durante la primera etapa de la presente investigación determinar los elementos que componen el núcleo de la RS, sobre la temática del cambio químico, que los estudiantes traen al aula, así como los componentes que rodean al núcleo y le dan significado.

Como se ha planteado anteriormente, lo relevante de esta Tesis es que propone articular la teoría de las RS con la Enseñanza de las Ciencias, ya que se postula que algunos conceptos que se pretenden enseñar en el aula se ven afectados por la existencia de RS adquiridas, principalmente, en el ámbito cotidiano. Esta idea adquiere gran importancia, fundamentalmente en el área de una ciencia que, como la Química, presenta un gran número de conceptos teñidos por nítidas connotaciones sociales, que hasta el momento no han sido tenidos en cuenta durante la enseñanza áulica.

Se buscará, entonces, identificar la alteración que pudiera sufrir a lo largo del tiempo la distribución de los elementos constituyentes de las RS

detectadas en los estudiantes respecto del tema cambio químico y para lograrlo se planifica una determinación previa y otra posterior a la instrucción prevista.

Es decir, en una primera instancia se delinearán la estructura de la RS que sobre el tema poseen los jóvenes antes del abordaje de esta temática en el aula. Posteriormente, una vez completado el desarrollo del módulo preparado para la instrucción, se hará una segunda determinación de la estructura de la RS, analizando la modificación que hubiera sufrido la misma.

El sentido de esta segunda determinación radica en el hecho, señalado en otras investigaciones ya citadas (Mazzitelli y Aparicio, 2010) que indica que la posición central o periférica de los elementos de una RS no es fija, sino que puede variar indicando así la conformación de una RS diferente.

Además, es necesario destacar que el módulo didáctico que ha sido preparado especialmente por quien suscribe para esta investigación, está armado de manera concordante con las orientaciones del Diseño Curricular vigente en Buenos Aires y, por lo tanto, pretende mejorar la enseñanza y el aprendizaje de la Química en el aula. Además, es la intención de la autora seguir perfeccionando el material ahora puesto a prueba, para ser utilizado posteriormente con sucesivos grupos de estudiantes.

Por último, resulta importante tener en cuenta también, antes de avanzar en los pormenores de la Tesis, que la comprensión y apropiación por parte de los alumnos de los conceptos referentes a las reacciones químicas implica la construcción de un verdadero campo conceptual. En principio, la conformación de este campo comienza a establecerse mediante un proceso dinámico y con características idiosincrásicas. Sin embargo, durante la enseñanza de la Química, se pretende que los alumnos construyan un Campo Conceptual del Cambio Químico que incluya aspectos relevantes tales como análisis de diferente tipo de reacciones químicas, toma de conciencia de la permanencia de los átomos en todo el proceso, escritura de las correspondientes ecuaciones, representación y explicación de los procesos vistos recurriendo a diferentes modelos científicos escolares, predicción y explicación de fenómenos cotidianos

recurriendo a estos modelos, etc. Todo esto dentro del conocimiento científico escolar esperable en esa etapa.

## **5.1 Metodología empleada.**

Como ya ha sido planteado, la teoría de las RS permite estudiar el pensamiento social o el conjunto de conocimientos implícitos que un grupo determinado (en este caso quienes comparten una clase) tiene en un momento determinado sobre un objeto de estudio.

De acuerdo a lo afirmado por Moscovici (1979) es necesario que dicho objeto tenga una relevancia cultural y que “se encuentre implicado en una práctica de grupo”. En este caso, a pesar de tratarse de un concepto que adquiere importancia fundamental dentro del campo de la Química, se considera aplicable la restricción anterior, dado que se verá que resulta un concepto de construcción social, que los individuos han ido construyendo a través del tratamiento que socialmente se hace del tema. En tal sentido, y a manera de referencia que ya se ha comentado anteriormente, en la sociedad en la cual vivimos se pueden mencionar numerosos ejemplos de reacciones químicas que aparecen caracterizados de manera estereotipada en los medios de comunicación y también en comics, películas, dibujos animados, etc...

Por otro lado, no debemos olvidar que el aula se constituye en un medio social en el cual los sujetos interactúan y también se ven implicados en prácticas sociales de grupo por las cuales dan significado, entre otras cosas, a los conceptos que como docentes pretendemos enseñarles.

De manera concordante con lo que expresan Mazzitelli y Aparicio (2009) también se considera que las representaciones sociales que un grupo elabora sobre algo que debe realizar, o enseñar o aprender, define sus objetivos y procedimientos específicos, lo que seguramente, incidirá en los resultados que se obtengan.

Partiendo de los ítems enumerados anteriormente y en pocas palabras, podemos decir que en esta Tesis se considera que la formalización del campo conceptual del cambio químico se comienza a materializar en la

escuela sobre las RS que los estudiantes poseen, comparten, traen al aula y construyen en este ámbito acerca del tema.

Por lo tanto, con el objetivo de determinar la RS que los estudiantes poseen respecto de las reacciones químicas y cómo se modifica la misma después de la enseñanza, se lleva a cabo un estudio de naturaleza mixta, con aportes de la metodología cualitativa y cuantitativa.

Se puede decir que la presente investigación busca identificar la RS que los estudiantes poseen, de acuerdo con la teoría de Moscovici y que, para ello, se cuenta con los aportes de la metodología de Jodelet en la intención de identificar el núcleo central de dicha RS.

El grupo que permite llevar a cabo la indagación fue elegido por conveniencia (grupo ya constituido): se trata de los alumnos de cuarto año (4<sup>a</sup> 1<sup>era</sup> y 4<sup>a</sup> 2<sup>da</sup>) pertenecientes a dos cursos paralelos de una escuela media. Es una escuela de gestión estatal de la ciudad de Buenos Aires, a la cual concurren alumnos pertenecientes a la clase media. Por ser un colegio de orientación contable, es baja la carga horaria asignada a esta asignatura, que constituye su primera y única aproximación al estudio de la Química. Cursan una vez por semana, dos horas cátedra de 40 minutos cada una.

### **5.1.1 Primera etapa.**

Al comienzo del semestre se planifica determinar la RS que los estudiantes poseen acerca de la temática reacción química. Se considera que dicha RS debería haberse conformado a través de sus creencias surgidas de la información circulante en los medios y en la sociedad en la que habitamos, así como también por conocimiento constituido a través de su escolaridad previa y de la interacción con el mundo cotidiano y con sus pares.

Cabe destacar que la temática “reacciones químicas” como tal no ha sido aún abordada en el aula por ellos, ya que durante la primera parte de la cursada sólo se han desarrollado temas relativos a las propiedades de la materia, una introducción al uso de la Tabla Periódica, y nociones sobre uniones químicas, tal como se detalla en el fundamento del Módulo Didáctico.

En el momento de iniciar el presente estudio, se propuso a los estudiantes una evocación libre y para ello se les consultó acerca de las ideas que acudían a su mente cuando pensaban en una reacción química. Se les solicitó que de manera individual pusieran por escrito esta evocación, idealmente en el formato de no menos de cinco palabras clave.

Dada la dificultad de expresión de los adolescentes, manifiesta sobre todo en el caso de creencias arraigadas de manera implícita, se les ofreció también la opción de escribir algunos párrafos, si les resultaba más sencillo y luego subrayar las palabras que consideraran representativas en estas frases, para determinar las que ellos consideraban palabras clave.

Los investigadores en ciencias sociales (Abric, 2001; Morales Domínguez y otros 2008; Chacoma y otros 2009) recurren a este método habitualmente, y generalmente lo hacen pidiendo a los encuestados que registren una serie de palabras clave que vienen a su mente cuando se les propone algún desencadenante de la evocación. También se les solicita que las numeren según su orden de importancia.

Tal como lo han realizado otros investigadores (Abric, 2001) el método consiste en pedir al sujeto que escriba todos *“los términos, expresiones o adjetivos que se le presenten al espíritu”*, a partir de un término inductor (o de una serie de términos).

El carácter espontáneo de esta acción permite a los sujetos poner en juego su acción proyectiva y facilitan al investigador el acceso a los elementos que constituyen el universo semántico del término o del objeto estudiado.

Abric (op cit) asegura que la asociación libre permite actualizar elementos implícitos o latentes que serían ahogados o enmascarados en las producciones discursivas. Por lo cual se puede afirmar que las asociaciones libres permiten acceder a los núcleos figurativos de la representación.

Según Abric (citado por Santana y otro 2009) esta técnica es la mejor para recolectar los elementos que constituyen la RS. Este autor, al igual que

otros investigadores, le atribuye particular importancia a esta técnica debido a su relevancia informativa y la simplicidad de utilización.

Las palabras evocadas son útiles para identificar el núcleo así como el sistema periférico de la RS que este grupo de individuo posee respecto del tema, mediante su tratamiento con el programa de Análisis de la Evocación (EVOG).

Al aplicar este programa estadístico, se recurre a tres indicadores:

- La frecuencia de cada ítem evocado en la población encuestada.
- El rango de orden de aparición en dicha asociación, (definido por el rango medio calculado sobre el conjunto de la población).
- Y, también, la importancia del ítem para los sujetos (referido al orden de importancia que los estudiantes le asignan a cada uno de los términos).

Al combinar los criterios de frecuencia y rango de ubicación se conforma la centralidad de cada palabra (Abric 2001).

Esta dinámica es la que se aplica en la presente investigación para identificar los componentes del núcleo, así como los periféricos de la RS que los estudiantes poseen respecto al tema reacción química.

En este caso, la acción de mencionar y luego ordenar palabras clave se consideró demasiado abstracta para este momento de su vida escolar, dadas las dificultades de expresión que los estudiantes suelen manifestar. Se les acompañó en este proceso, solicitándoles que escribieran todo aquello que les viniera a la mente al pensar en una reacción química. De esta manera se obtuvieron algunas frases a partir de las cuales el investigador les pidió que subrayaran las palabras importantes, o clave, que fueron enumeradas por su importancia según el orden en que aparecieron en cada texto.

A modo de ejemplo, reproducimos algunas evocaciones de diferentes alumnos, identificados por el número:

10- 4.2: “es una explosión en el laboratorio“

25- 4.1: “mezclas sustancias y dan luz, humo y color”

17 - 4.1: “es la mezcla de componentes y aparece una explosión inesperada porque son incompatibles”

9- 4.2: “cuando se mezclan dos sustancias y cambia el color”.

En los ejemplos anteriores se han subrayado las palabras seleccionadas para la investigación.

En muchos casos fue necesaria una segunda ronda de consultas personalizadas para que completaran esta tarea o bien para que asignaran un orden de importancia a las palabras elegidas (ordenándolas desde la más importante hasta la menos relevante). En este proceso se recolectó la información que el grupo poseía respecto de la temática en cuestión (mediante la técnica de la evocación y asociación libre) y que posteriormente fuera procesada.

Como se ha mencionado, una vez realizada la determinación preliminar recurriendo a la evocación, y cuyo análisis se hará en el Capítulo 7, se comenzó con la enseñanza de los temas correspondientes, tal como han sido planificados y cuyos detalles se exponen a continuación.

## **5.2 Enfoque desarrollado por el Módulo Didáctico.**

Como ya se ha comentado anteriormente, el presente Módulo ha sido elaborado por la autora de la Tesis en el marco de la presente investigación, con el objetivo de realizar un abordaje personal respecto de la enseñanza de los temas. Como eje del mismo se ha elegido una temática que se reconoce central en el aprendizaje de la Química, como es el concepto de *cambio químico*, considerado un concepto estructurante y una noción clave en la construcción del conocimiento químico por parte de los estudiantes, como ya se ha justificado anteriormente.

En él se propone un enfoque de la Enseñanza de la Química que tiene en cuenta las dificultades que presentan los estudiantes a la hora de su aprendizaje, ya detectadas en otras investigaciones y detalladas en el Capítulo 4. Entre estos conflictos, se asigna especial importancia a la

conjunción de los tres niveles de representación de los fenómenos químicos que los expertos en esta área transitan de manera implícita: el macroscópico, el submicroscópico y el simbólico (Gabel 1999, Johnstone, 1991; Johnstone 2010) y que resultan dificultosos de abordar para un estudiante-novato.

Por tal motivo, para lograr la apropiación de los conceptos por parte de los estudiantes, en el presente Módulo Didáctico se presta especial atención al tránsito por los tres niveles presentados anteriormente, mediante las actividades que han sido planificadas. En tal sentido, se emprende el recorrido de una secuencia tendiente a lograr que los alumnos logren la construcción de un modelo que les permita la comprensión de los cambios químicos, de manera similar a como lo han pretendido otros investigadores (Izquierdo y otros 2007), basado en la conveniencia de transitar explícitamente por los citados niveles de representación de la Química.

Pero además, se asume en la presente propuesta la certeza de que es imprescindible tener en cuenta un cuarto nivel en la construcción de los conceptos químicos: el nivel correspondiente a las construcciones de tipo social, tal como es el caso de las representaciones sociales.

Las posturas actuales en enseñanza de las ciencias consideran que resulta imprescindible un enfoque social en la enseñanza de las mismas, para que los estudiantes alcancen un aprendizaje realmente significativo. En tal sentido, la enseñanza de Química en contexto, ha sido considerada en los nuevos diseños curriculares al valorar la necesidad de incorporar de manera efectiva en la educación secundaria una dimensión dedicada a la alfabetización científica (en alusión a la alfabetización tradicional), planteada por Fourez (1998) y otros autores posteriores a él y entendida como una estrategia orientada a lograr la adquisición de cierto nivel de conocimientos de ciencia articulado con saberes acerca de la ciencia.

En esta visión, enseñar ciencias en la escuela secundaria implica *“incorporar en la enseñanza aspectos tales como: hacer referencias a la historicidad de los conceptos científicos, acostumar a los alumnos/as al uso del lenguaje simbólico y de las representaciones abstractas, hacerlos construir modelos explicativos acordes a la altura de su escolaridad, hacerlos reflexionar sobre el problema de la medición y los aspectos*

*vinculados al contexto en que se descubren o enuncian las leyes, y promover en los alumnos/as la reflexión sobre cuestiones éticas vinculadas a la ciencia y sus productos”* concordante con lo que proponen los nuevos Diseños Curriculares en la Provincia de Buenos Aires (2005).

En este Módulo, se considera que se contribuye a la construcción de los conceptos en Química si se aborda su enseñanza con un enfoque fundamentado en aspectos históricos, socialmente relevantes, favoreciendo la toma de posicionamientos personales, o bien generando la argumentación propia (es decir con el planteo de actividades tendientes a mejorar las habilidades cognitivo lingüísticas de los estudiantes).

Pero en particular, en la presente Tesis, básicamente se tienen en cuenta las características de las representaciones sociales que los alumnos poseen respecto de los cambios químicos, que han sido detectadas en la primera parte de esta investigación (y en otras investigaciones preliminares realizadas anteriormente), ya que se consideran base para la construcción de nociones químicas fundamentales.

Desde este punto de partida se analiza cómo, en el grupo social del aula, pueden modificarse mediante las actividades propuestas algunas de las particularidades de las RS detectadas.

Para comprender la secuencia didáctica planteada para el desarrollo de los conceptos involucrados en el presente Módulo se hace necesario, en primer lugar, enumerar las temáticas relativas a la Química que han sido abordadas previamente en las aulas, a las cuales a continuación se hace mención.

En tercer año de la Escuela Media, en el Espacio Curricular Físicoquímica (en realidad se trata de una materia introductoria a los contenidos básicos de Química y de Física y se dicta en dos horas cátedra por semana de 40 minutos cada una), se realiza una primera aproximación a los estados de la materia, analizando las propiedades de los sólidos, los líquidos y los gases en función del modelo cinético de partículas. Con el mismo marco del modelo de partículas se analizan posteriormente los cambios de estado. Vale la pena aclarar que para el desarrollo de estos temas se cuenta con el apoyo de algunos recursos tecnológicos que ayudan a los alumnos a

conceptualizar los modelos que se pretenden enseñar: páginas web interactivas, cañón para visualización de power point y pantalla digital en el aula.

Esta introducción permite abordar la temática de los *sistemas materiales* y su clasificación en *homogéneos*, *heterogéneos* e *inhomogéneos*. La fundamentación de esta clasificación se basa en la distinción de las *propiedades* de la materia en *intensivas* y *extensivas*, y en el concepto de fases. Se profundiza entonces la importancia que revisten las propiedades intensivas en la caracterización de las sustancias, ya que resultan imprescindibles a la hora de identificarlas. Entre otras características se definen y ejemplifican: la dureza, la densidad, el punto de ebullición, la conductividad eléctrica y térmica, etc.

Se comienza posteriormente el estudio del *átomo*, como partícula fundamental de la materia, detallando las *partículas subatómicas* que lo constituyen y su ubicación dentro del mismo. Se definen los conceptos *número atómico (Z)* y *número de masa (A)*, que serán muy útiles para que los estudiantes puedan abordar el estudio de la Tabla Periódica y sus criterios de ordenamiento.

Se analiza la Tabla Periódica actual, y la *relación que existe entre la distribución de los electrones de los átomos de un elemento y su ubicación en la misma*. Se eligen ejemplos representativos que muestren claramente esta relación y se planifican las actividades para que los alumnos sean capaces de deducir dichas relaciones.

Cuando los alumnos posean un manejo de la Tabla que se considere adecuado, se comienza a desarrollar la temática relativa a *uniones químicas*. Como punto de partida se analizan las diferentes *propiedades* que poseen sustancias cotidianas tales como dióxido de carbono, agua, sal de mesa, etc. y que se evidencian, por ejemplo, en el diferente estado de agregación en el que se presentan a una misma temperatura ambiente. Se trata de encontrar un anclaje en lo cotidiano para que los aprendizajes resulten significativos para los alumnos, en lugar de propiciar un aprendizaje memorístico de fórmulas y nomenclaturas.

Se clasifican luego las uniones que llamamos *iónicas*, *covalentes* y *metálicas* y se hace hincapié en que son representativas de sustancias con propiedades marcadamente diferentes y se ejemplifican distintas maneras de representarlas. Para ello, se recurre a la *Estructura de Lewis*, fórmulas desarrolladas y moleculares en el caso de las sustancias con uniones covalentes y mínimas para las sustancias que poseen uniones iónicas.

Al finalizar el tercer año de los estudios de la Escuela Media, los alumnos están en condiciones de reconocer las sustancias iónicas, covalentes y metálicas de acuerdo con sus propiedades observables a nivel macro y también de representar, mediante diferentes simbolismos, compuestos sencillos.

Una vez en cuarto año, durante el ciclo lectivo en el cual se desarrolla el presente Módulo, en el espacio curricular Química (también de dos horas cátedra por semana, de 40 minutos cada una), se retoman los conceptos adquiridos anteriormente y se hace una revisión de la relación *estructura/propiedades* de las sustancias.

Esta revisión sirve de base para la necesidad de hacer una clasificación más amplia de las sustancias binarias, incorporando así los **óxidos ácidos** y **básicos**, diferenciándolos por tipos de uniones y propiedades que poseen. Llegado a este punto, se incorpora el concepto de estado o **número de oxidación** para facilitar la escritura de las fórmulas químicas de manera directa, lo cual reemplaza el proceso de representación mediante Estructuras de Lewis que se venía utilizando. Cabe destacar que se considera imprescindible que los alumnos hayan podido deducir anteriormente las fórmulas recurriendo a sus Estructuras de Lewis para evitar que la escritura de las mismas se convierta en un mecanismo sin sentido, tal como en algún tiempo lo constituyó el uso de la “valencia”.

Resulta conveniente el abordaje de la noción de cambio químico y sus características distintivas, una vez que los alumnos tienen un manejo adecuado de las fórmulas y la nomenclatura de sustancias binarias sencillas.

A continuación, presentamos el Módulo que hemos diseñado, destacando la secuencia didáctica planteada para el abordaje de la temática de los

cambios químicos, desde la mirada de las RS que los alumnos poseen sobre el tema y que han sido previamente caracterizadas.

### **5.3 Desarrollo del Módulo Didáctico: “El cambio químico. Reacciones de combustión y reacciones de oxidación”**

El principal objetivo que se pretende alcanzar con la aplicación del presente Módulo es que los alumnos comiencen a construir el campo conceptual ‘cambio químico’.

Esta aspiración supone la comprensión de los conceptos que involucra este campo así como sus diferentes representaciones, modelos y aplicaciones.

Entre los aspectos mencionados se incluye la interpretación de las características de las ‘*reacciones químicas*’ a la luz de un modelo que se considere aceptable bajo el punto de vista de la ciencia escolar.

También se pretende que logren la escritura de ecuaciones químicas, que representan un lenguaje simbólico propio de la Química, pero entendidas bajo su aspecto significativo desde la óptica de los estudiantes.

Por otro lado, cabe señalar que históricamente se ha recurrido al término *fenómeno químico* para diferenciar este proceso de lo que se conoce como *fenómeno físico*. Paulatinamente, las nuevas tendencias en Enseñanza de la Química ponen en discusión la pertinencia de esta distinción, al menos en esta primera etapa de la alfabetización científica, lo cual lleva a comenzar a hablar de *cambios químicos*, limitándose en el aula el abordaje de los *cambios físicos* al análisis de los cambios de estado de la materia, temática muy relevante de los *currícula* escolares.

Por todo lo dicho, resulta confuso en muchos textos el significado que sus autores confieren a los términos *cambio*, *proceso*, *fenómeno* o *reacción química* dado que a menudo se usan como sinónimos y así lo suele entender, salvo en las investigaciones que han buscado reflexionar sobre los alcances de cada uno de estos términos.

Nosotros haremos referencia, por lo tanto, al campo conceptual de cambio químico (CCCQ) de manera diferencial a la expresión cambio o reacción química, que como se ha dicho, se consideran sinónimos y aspectos parciales del CCCQ.

En este trabajo, tal como se ha expresado, se considera que es necesario entender que este campo conceptual incluye numerosas facetas, y por lo tanto es un complejo “conjunto de problemas y situaciones cuyo tratamiento requiere conceptos, procedimientos y representaciones de tipos diferentes pero íntimamente relacionados” (Vergnaud, citado por Moreira 2002) plagado de relaciones entre los diferentes niveles de representación de la Química, el cual se aspira que los alumnos puedan construir mediante un proceso de enseñanza con enfoque constructivista.

Para ello, tal como lo ha señalado Vergnaud, se hace necesario plantear diferentes estrategias de aula: situaciones problemáticas a resolver, desafíos cognitivos a superar, modelos a los cuales recurrir y cuestiones relativas a la comunicación con diferentes lenguajes científicamente aceptados. El abordaje de todos estos aspectos relacionados con el cambio químico permitirá que, a partir de los primeros esbozos que los alumnos poseen en relación con esta temática, logren construir un campo conceptual aceptable para la Ciencia Escolar. Que además será dinámico, es decir, que podrá seguir modificándose y complejizándose al proseguir el joven los estudios posteriores y realizar nuevas reflexiones sobre el concepto en cuestión.

De acuerdo con lo manifestado, resulta claro aceptar que se hace necesario consultar a los individuos/aprendices acerca de sus ideas iniciales respecto de las *reacciones químicas* ya que suele ser el aspecto del campo conceptual más relacionado con el conocimiento cotidiano y por lo tanto resulta imprescindible para la presente investigación determinar esta primera representación que poseen.

A continuación se presentamos el Módulo didáctico, destacando previamente los siguientes comentarios:

- La mayor parte de las actividades planificadas en el Módulo Didáctico se realizan en el aula, trabajando en pequeños grupos, con

la necesaria puesta en común posterior. Los alumnos reciben el material fotocopiado y disponen de espacios temporales para poder debatir y completar las actividades que se proponen.

- Algunas tareas de búsqueda de información han sido planificadas para ser realizadas como quehacer extraescolar.
- Para una mejor comprensión por parte del lector de la finalidad y secuencia de actividades propuestas en el Módulo que presentamos a continuación, realizamos algunos comentarios y justificaciones (que figuran en recuadros sombreados) previos a la descripción de cada actividad.

## **MÓDULO: “El cambio químico. Reacciones de combustión y oxidación”**

### **5.3.1 Una reacción química trascendental...**

Las necesidades humanas fundamentales son pocas y fácilmente detectables. Si se piensa detalladamente se puede deducir que desde épocas inmemoriales y en todas las culturas y períodos históricos, el hombre ha tenido las mismas necesidades básicas: *alimento, albergue y vestimenta*.

Lo que ha cambiado, a través del tiempo y de las culturas, es la manera o los medios utilizados para la satisfacción de estas necesidades.

#### ***Comentarios a la Actividad 1***

El objetivo de alfabetizar científicamente a toda la ciudadanía, propuesto en los nuevos diseños curriculares, hace necesario un cambio en el enfoque de los contenidos disciplinares de ciencias. En este caso se ha puesto el acento en las interacciones química-sociedad que han rodeado al proceso de combustión desde la “edad del fuego”, elegida en esta secuencia didáctica como reacción química paradigmática.

Se pretende que los alumnos tomen conciencia de la importancia social que ha tenido (y tiene) esta reacción química en particular, debido entre otros motivos, a su carácter exotérmico.

En grupos de no más de cuatro alumnos realicen la siguiente actividad:

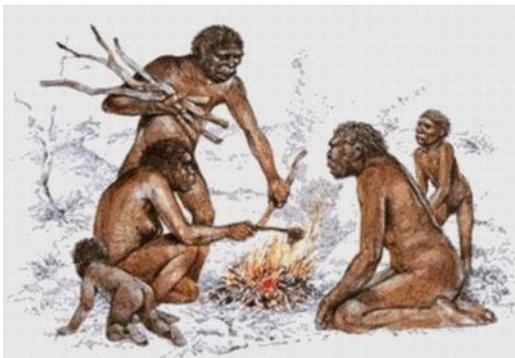
### Actividad 1:

- ¿Están de acuerdo con la afirmación del primer párrafo? Si no es así, enumeren otras necesidades que Uds. consideren básicas.
- Armen un cuadro comparativo acerca de las acciones que realizaría el hombre primitivo para satisfacer sus necesidades básicas y cómo lo hace el hombre de nuestros días.

Pese a las grandes diferencias que seguramente habrán encontrado en este viaje por el tiempo, hay sin embargo muchas cosas que ambas culturas tienen en común. Por ejemplo, hay una reacción química a la cual el hombre ha recurrido y aún lo hace con igual frecuencia para resolver algunos de sus problemas: la *combustión*.

Pero volvamos a la prehistoria....

## La era del fuego

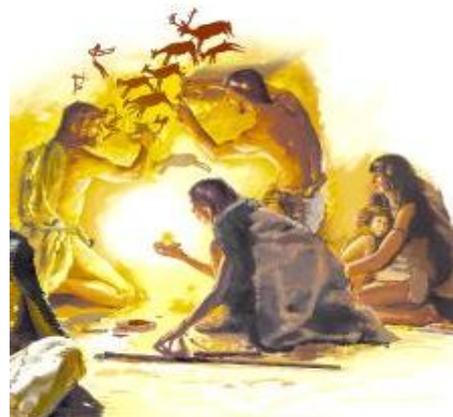


Cuando el hombre primitivo comenzó a dominar el fuego se abrió para él un nuevo panorama respecto del modo de satisfacer sus necesidades.

Aunque se cree que al principio el fuego surgió espontáneamente por obra de algún fenómeno de la naturaleza (por ejemplo un rayo), el hombre primitivo apenas fue capaz inicialmente de cuidar que no se apagara.

Aunque se cree que al principio el fuego surgió espontáneamente por obra de algún fenómeno de la

Sin embargo, tiempo después, aprendió la manera de encenderlo y se amplió así el aprovechamiento que podía darle. Entre otros usos, se dio cuenta de que podía moldear el barro, y luego mediante la cocción sobre el fuego, lograr piezas de alfarería,



vasijas y recipientes (hay vestigios de vasijas de arcilla de alrededor de 8.000 años a.C.). Este simple hecho cambió radicalmente su manera de alimentarse y de acumular sus alimentos. Fueron tan importantes los cambios producidos en su vida que al período que sobrevino, a partir del momento en que el hombre fue capaz de producir y mantener el fuego, se conoce en términos históricos como “la era del fuego”.



El hombre recurrió al fuego para cocinar sus alimentos, aunque desde el primitivo homínido que cuidaba que no se apagase su hoguera para asegurar así su supervivencia hasta la facilidad con la que ahora encendemos la hornalla para cocinar nuestra comida ha pasado mucha agua bajo el puente... pero una misma **reacción química**.

En el mismo sentido, podemos enumerar cómo el hombre de diferentes épocas ha utilizado la *combustión* para su bienestar, por ejemplo para alumbrarse, mediante lámparas y velas, o más recientemente en distintos tipos de motores, que permiten el desplazamiento de vehículos.

Al reflexionar sobre este hecho podemos advertir que todo el desarrollo de la humanidad está ligado a una **reacción**, que denominamos **combustión**, por la cual la madera o cualquier otro material **combustible**, se combina con el **oxígeno** del aire produciendo luz y/o calor, junto con otros **productos**.

En la descripción de la **reacción de combustión** se da por supuesto que además del combustible resulta indispensable la presencia del oxígeno. Recordemos que este gas ( $O_2$ ) forma parte del aire que respiramos, pero no fue sino hasta el final del siglo XVIII cuando se identificó y se pudo representar mediante la fórmula de su molécula.

Aunque es incoloro y por lo tanto no se puede detectar a simple vista, en la vida cotidiana hay muchos ejemplos que demuestran su necesaria presencia durante la combustión. Y por esta característica de favorecer la combustión se denomina *comburente*.

## Comentario a la Actividad 2

Se propone la planificación y realización de un simple diseño experimental. Diversas investigaciones han mostrado que la presencia de las actividades prácticas en el currículo y sus objetivos son diferentes en función del modelo de enseñanza de las ciencias donde se integren (del Carmen, 2000).

El tipo de trabajos prácticos más tradicionales en Química consisten en la presentación de los objetivos de la actividad por medio de instrucciones (verbales o escritas) y en donde se especifica la secuencia de pasos que el alumno debe seguir. Habitualmente los experimentos se limitan a ser una mera *ilustración* de la teoría previamente vista en clase, no favoreciendo que los alumnos elaboren *hipótesis*, ni permiten tampoco la relación de sus conocimientos cotidianos con los contenidos científicos y no los deja preguntarse, cuestionarse ni planificar experiencias para encontrar respuesta a sus propios planteos (Lacolla, 2000).

En una visión más contemporánea de la enseñanza de la Química, el alumno, al realizar una actividad experimental, debería resolver una situación problemática relacionada con sus propios intereses. El objetivo sería potenciar un verdadero aprendizaje significativo planteando situaciones problemáticas que el joven pueda resolver mediante sus propias estrategias: analizando problemas, emitiendo hipótesis, etc.

En el caso de esta actividad, no sólo se apunta a la comprensión del proceso de combustión, sino que además se busca que los conocimientos adquiridos se constituyan en herramientas para comprender, interpretar y actuar sobre problemas concretos que afectan a la sociedad. Y en tal sentido se intenta construir un conocimiento socialmente válido, aplicado a resolver o interpretar situaciones como, por ejemplo, las que podrían plantearse durante un incendio.

### Actividad 2:

- Analicen algunos de los ejemplos de combustión mencionados:



- Para cada uno de los procesos de las figuras, completen los rectángulos en blanco:

	hoguera	vela	hornalla	automóvil
<b>Combustible</b>			Gas natural	
<b>Comburente</b>				
<b>Energía utilizable</b>		Luz		

- Consigan una vela y planifiquen un experimento que permita comprobar que es indispensable la presencia de oxígeno para que se produzca combustión. Preparen un informe del trabajo experimental.
- En relación con lo anterior, comenten las siguientes instrucciones dadas por el cuerpo de bomberos:

*Cuando las prendas de vestir de una persona se prenden fuego y están en llamas, la reacción natural de la persona es correr, pero esto sólo empeora el fuego.*

*En lugar de hacer esto, las llamas se deben apagar con la maniobra "detenerse, arrojarse al suelo y rodar".*

*Es decir, cuando la ropa se empieza a incendiar se recomienda:*

1. *Detenerse en el sitio donde se encuentre.*
2. *Arrojarse al suelo.*
3. *Rodar una y otra vez protegiendo la cara con las manos.*

***La falta del comburente hace imposible la combustión.***

Esta afirmación se advierte en los consejos del cuerpo de bomberos, cuando recomiendan maniobras para impedir que el oxígeno siga en contacto con la llama y que de esta manera el fuego se apague.

Pero no siempre ha sido tan claro el papel que el oxígeno del aire juega en la reacción de combustión. Veamos que creían los químicos hace un tiempo...

### Comentario a la Actividad 3

Otra característica de los actuales diseños curriculares en enseñanza de las ciencias radica en introducir a los alumnos en el camino histórico de la construcción de los modelos a los cuales recurren los químicos para explicar y predecir.

En este caso se trabaja con una adaptación escolar del proceso de construcción que ha sufrido a lo largo de la historia el modelo de **combustión**. Se plantea la controversia histórica que desplaza la teoría del flogisto por el modelo de Lavoisier.

Se pretende que los estudiantes puedan tomar conciencia del papel que los *modelos* tienen en la Ciencia y cómo un mismo hecho puede ser interpretado de manera muy diferente según “los anteojos” con que se mire. También se busca destacar que el uso de *modelos* constituye una característica distintiva de la construcción de saberes en Ciencia, acercándolos así a la manera en que los científicos se desempeñan (Caamaño, 2007).

## A manera de resumen histórico

Como se ha visto, la combustión ha interesado al hombre desde tiempos remotos por ser un tipo de reacción capaz de producir calor y/o luz y facilitar así la satisfacción de sus necesidades básicas.

Pero la causa de que algunas sustancias sean combustibles (como la madera) mientras que otras no y las transformaciones que sufre la materia durante la combustión condujo a los hombres a buscar explicaciones a dicho proceso.

En el Siglo XVII, Georg Ernst Stahl (1660-1734) médico y químico alemán, desarrolló la **Teoría del Flogisto** (palabra derivada del griego *phlogistos*, que



Georg Ernst Stahl

significa “inflamable”) para explicar el fenómeno de la combustión.

En su teoría postulaba que toda sustancia que es combustible contiene un **principio ígneo**, llamado **flogisto**, que “escapa” de los cuerpos cuando éstos arden. El flogisto es, en esta teoría, una sustancia hipotética que algunos materiales tienen y que se desprende al arder dicho objeto.

Según esta creencia, cuanto mayor es la cantidad de flogisto contenida en un material, más calor desprende el objeto al entrar en combustión. Al arder, el flogisto que abandona el material se acumula en el aire y las cenizas que quedan tras la combustión carecen de flogisto y, por consiguiente, son incapaces de volver a arder.

Para Stahl, el hecho de que una vela se apague después de cierto tiempo si se encuentra dentro de un recipiente cerrado, se debe a que *el aire se satura de flogisto y cuando ya no puede contener más*, la llama se apaga.

Esta interpretación de la combustión fue rebatida a finales del siglo XVIII por Antoine de Lavoisier (1743-1794) químico francés, conocido como el “padre de la química moderna”.



Lavoisier, observando diferentes combustiones, comenzó a pensar que quizás durante esta reacción “algo” era aportado por el aire y durante más de dos años trató de identificar el gas que favorece la combustión.

Mediante diferentes experimentos logró demostrar que una vez que este gas era extraído, el aire se volvía irrespirable (actualmente sabemos que es por la pérdida de oxígeno), por lo cual lo relacionó también con la respiración.

Y llamó **combustión** a la combinación de diferentes sustancias con este gas, al cual denominó **oxígeno**.

Como vemos, las mismas observaciones hechas en distintos cuerpos ardiendo permitían extraer conclusiones muy diferentes.

### Actividad 3:

- Agrupen las siguientes interpretaciones según correspondan a la teoría del flogisto o a la química moderna y completen las líneas punteadas.
  - Combustible (leña, carbón, azufre, ...) + llama → ..... + calor + ceniza
  - Al colocar una rata en un recipiente en el cual se ha realizado la combustión, ésta muere ya que el ..... del aire se ha consumido.
  - Combustible (leña, carbón, azufre...) + llama + ..... → calor + ceniza
  - Al colocar una rata en un recipiente en el cual se ha realizado la combustión, ésta muere ya que el aire está saturado de .....
- Comenten su opinión respecto de estas dos maneras tan diferentes de “ver” un experimento. ¿Podrían dar otro ejemplo de hechos que puedan interpretarse de dos o más maneras antagónicas en cualquier orden de la vida?

#### Comentario a las Actividades 4 y 5

En este momento se recurre a una actividad llamativa, con el objetivo de poner en evidencia las concepciones que los alumnos poseen respecto de la masa de una sustancia que ha sido calcinada. Posteriormente se reflexiona sobre estas ideas, lo cual permite que se evidencien modelos implícitos.

### Actividad 4:



Vamos a analizar ahora otra reacción química, que fuera utilizada por los primeros fotógrafos. Ustedes verán porqué...

a) En primer lugar se les solicita que en pequeños grupos realicen la descripción física del aspecto y propiedades de un pequeño trozo de cinta de magnesio que se les entrega.

.....  
.....

Tengan en cuenta no sólo el aspecto físico sino también sus propiedades intensivas.

b) Ahora describan lo que ha ocurrido al acercar la pequeña lámina o cinta de magnesio a una llama .....

c) ¿Cuál les parece el motivo por el cual esta reacción era aprovechada por los fotógrafos? .....

d) Describan el aspecto de la ceniza obtenida después de producirse la reacción .....

Respondan ahora a la siguiente pregunta:

***¿La sustancia que ahora tenemos, será más pesada, más liviana o pesará igual que la cinta antes de la reacción?***

En cada caso, justifiquen su respuesta .....

Veamos cómo fue analizada esta cuestión en la historia...

### **5.3.2 La conservación de la masa.**



Hemos visto que desde la óptica de la Teoría del Flogisto se consideraba que un cuerpo al arder pierde flogisto, por lo cual era de esperar que disminuyese su masa una vez que la combustión finalizara.

Pero el conflicto surgió ante las investigaciones de Lavoisier, quien trabajaba tratando de mejorar el alumbrado público de París.

En sus experimentos calentaba muestras de metales tales como el estaño y el plomo, dentro de recipientes cerrados herméticamente que contenían una pequeña cantidad de aire.

Terminada la reacción se podía observar que la muestra tenía un color diferente, correspondiente al metal calcinado, tal como se ve la ceniza de la cinta de magnesio después de producirse la reacción descrita en la Actividad 4.

Lavoisier midió la masa antes y después del experimento y pudo determinar:

- No hay variación en la masa **total** del sistema (ya que el recipiente se encontraba cerrado).
- **La masa de metal calcinado es mayor que la masa inicial del metal.**

Si el metal había ganado peso al calcinarse (calentarlo), era evidente que algo de lo que contenía el recipiente debía haber perdido la misma cantidad de masa<sup>7</sup>.

Lavoisier demostró así que la calcinación de un metal no era el resultado de la pérdida del misterioso flogisto, sino la ganancia por parte de la muestra metálica de algo presente en el aire.

¿De qué sustancia hablaba?: .....

Las experiencias realizadas por Lavoisier le permitieron enunciar la ley de la conservación de la masa, que dice

**"En toda reacción química la masa se conserva, esto es, la masa total de los reactivos es igual a la masa total de los productos"**

---

<sup>7</sup> Los *flogistas* trataban de explicar la ganancia de peso afirmando que el flogisto, **tenía un peso negativo** por lo que al desprenderse, el metal ganaba peso.

Esta Ley permitió empezar a concebir los cambios químicos de una manera más integral, entendiendo que durante una reacción química hay muchas cosas que cambian, pero también hay otras que, como la masa, se conservan.

### Actividad 5:

- Discutan y luego expliquen por qué muchos de ustedes pensaron que la ceniza de Magnesio de la experiencia que hicimos (en realidad óxido de Magnesio) era menos pesada que la cinta original, o bien que pesaba lo mismo que la cinta original:

.....  
.....

### 5.3.3 Aprendiendo a representar las reacciones.

Los químicos han creado un lenguaje universal en el cual han acordado la manera en que se representa cualquier reacción. Esto les permite entenderse sin necesidad de otras explicaciones.

*La ecuación química es la manera en que se representa una reacción química.*

En ella, la/s sustancia/s que reaccionan (**reactivos**) se colocan a la izquierda, mientras que el o los **productos** (la/s sustancia/s obtenida/s) se ubican a la derecha. Ambos términos de la ecuación se separan mediante una flecha.



En el caso de la reacción que Lavoisier investigó, se tiene que:



Esta ecuación se podría leer de la siguiente manera: “el metal *reacciona con* el oxígeno *formando* un óxido (o metal calcinado)”



### Actividad 7 :

- Reunidos en pequeños grupos, representen el experimento que llevamos a cabo con la cinta de Magnesio con los símbolos que crean convenientes (cruces, círculos, triángulos, etc.). Recuerden diferenciar el estado **inicial** y luego el estado **final** de cada uno de los componentes del **sistema**. Traten de escribir una explicación de lo que han representado.

Comparen su representación con las de otros grupos.

### Comentario a la Actividad 8

Los docentes de ciencias debemos considerar la lengua no como un simple instrumento que permite a nuestros alumnos expresar sus ideas. Es mucho más que eso, ya que al aprender a expresar los significados de los conceptos, éstos se van construyendo en su mente.

Según Sanmartí e Izquierdo (1999) *“Cuando se habla de las habilidades que hay que enseñar para aprender Ciencias de la Naturaleza sólo se piensa en los procesos relacionados con el trabajo experimental, como observar, plantear hipótesis (...). En cambio muy pocas veces se considera imprescindible la enseñanza de habilidades relacionadas con la expresión y comunicación de las ideas: describir los fenómenos y las imágenes que nos hacemos de ellos, definir, resumir, explicar, argumentar, escribir informes (...). Como afirma Lemke (1997) el lenguaje juega un papel esencial en el proceso de construcción de las concepciones ya que es el medio a través del cual se regula dicha construcción.*

En esta actividad se recuerda y aplica el significado de “describir” tal como ha sido desarrollado en actividades previas a la aplicación del presente módulo. La propuesta contribuye a la construcción del concepto, mediante la puesta en palabras, recurriendo a la descripción como punto de partida.

### 5.3.4 ¿Reacciones igual a explosiones?

En general, cuando se produce una reacción química, se producen también señales o evidencias que detectamos fácilmente. ¿Podrían señalar algunas evidencias que permitan reconocer que se ha producido una reacción química?

.....  
.....  
.....

Seguramente entre sus respuestas aparecen algunas que la mayoría de los estudiantes suelen dar:

*Explosión, humo, colores diferentes, etc.*

Aunque estas señales pueden estar presentes, no siempre que ocurre una reacción está acompañada por características tan evidentes. Hay otras particularidades que acompañan a las reacciones químicas, por ejemplo, el cambio de propiedades que experimentan las sustancias que componen el **sistema inicial** del cual se parte respecto de las propiedades que poseen las sustancias que componen el **sistema final**.

Por ejemplo, realice la siguiente actividad.

#### Actividad 8:

- Describa el aspecto de un huevo crudo.
- Describa el aspecto de un huevo duro.
- Compare ambas descripciones.



La diferencia entre ambos aspectos se debe a que la cocción de los alimentos origina reacciones químicas. Hay muchos ejemplos cotidianos a los que se puede hacer referencia: la carne cruda y cocida, un biscochuelo antes y después de cocinarlo, etc. También es una reacción química la que se produce cuando se “corta” la leche o cuando se “avinagra” el vino. En todos estos casos, los cambios que podemos observar a simple vista provienen de cambios en la estructura de la materia en cuestión: los átomos se reacomodan formando nuevas sustancias.



Otra característica de las reacciones es que, al producirse, intercambian energía (de diferente tipo) con el medio. Cuando esta energía adopta la forma de calor desprendido o absorbido se dice que la reacción es **exotérmica** o **endotérmica** respectivamente.

Revise las Actividades que ha hecho hasta ahora y responda:

¿Qué reacción exotérmica puede identificar entre los ejemplos anteriormente dados?

#### **Comentario a la Actividad 9**

En esta actividad se intenta resolver la dificultad que tienen los alumnos para analizar los cambios como *sistema* de interacción. El poder analizar el cambio químico con un enfoque sistémico los ayudará a sortear algunas dificultades, ya detectadas, también por parte de otros investigadores. En tal sentido, del Pozo (1998) ya expresaba: “El cambio químico no se concibe como un proceso, sino más bien como un suceso estático que se describe pero que no se explica en términos de las transformaciones y/o conservaciones que se dan en dicho proceso.”

#### **Actividad 9 :**

- En el caso mencionado anteriormente, de la cocción del huevo, se producen al menos dos reacciones durante el proceso. Identifique cual es la reacción que necesita energía para producirse y cuál es la reacción que la genera.

#### **Comentario a la Actividad 10**

Se introducen nuevamente aspectos sociales que resultan imprescindibles según las nuevas tendencias, para asegurar no sólo la adquisición de saberes científicos sino también conocimientos acerca de la ciencia y sus contextos.

#### **Actividad 10 :**

- De las miles de reacciones químicas que se producen permanentemente a nuestro alrededor, sólo algunas poseen señales evidentes de haberse llevado a cabo (humo, colores estridentes, ruido, etc). También hay reacciones explosivas, pero por suerte no son las más abundantes...

Lea el texto del cuadro siguiente acerca de una importante reacción y conteste a la pregunta que se formula a continuación:

#### *Una reacción verdaderamente explosiva*

*Alfred Bernhard Nobel, nació en Estocolmo capital de Suecia, el 21 de octubre de 1833. Estudió ingeniería en los Estados Unidos pero su formación científica en todo lo referente a explosivos la alcanzó con el trabajo que realizó junto a su padre en la fábrica de armamentos que poseía en San Petersburgo, Rusia. Allí se dedicó a realizar estudios sobre la nitroglicerina. Esta sustancia, líquida a temperatura ambiente, había sido descubierta en 1846 pero debido a su extrema sensibilidad se hacía imposible su uso en forma pura. Cualquier movimiento provocaba su violenta descomposición, acompañada de explosiones.*

*En uno de los experimentos estuvo a punto de perder la vida debido a la violenta explosión que provocó en 1864 cuando destruyó sus laboratorios. Sin embargo pudo comprobar que cierta "tierra" llamada de trípoli ofrecía la propiedad de ser muy absorbente respecto de la nitroglicerina, y formaba con ella una mezcla, que continuaba siendo un gran explosivo, pero que hacía menos peligroso su manejo. Era el año 1867 y Nobel acababa de inventar la dinamita.*

*Alfred Nobel pasó los últimos años de su vida atormentado por la idea de que su obra científica había contribuido a que las guerras fueran cada vez más destructoras y sangrientas, por ello, un año antes de su fallecimiento, el 27 de noviembre de 1895, creó la Fundación Nobel. En su testamento indicó que su herencia se distribuyera anualmente como recompensa a los que, durante el año anterior, hubieran prestado a la humanidad los mayores servicios. Entre los premiados se encuentran personalidades de área de las Ciencias Físicas, Química, Fisiología o Medicina; etc.*

- Investigue qué argentinos han recibido este premio y cuál ha sido el área científica en la cual destacaron.

### **5.3.5 Una reacción exotérmica muy importante para la humanidad.**

En los ejemplos que vimos al comienzo, relacionados con la reacción de combustión, podemos deducir que ésta ha sido durante toda la historia de la humanidad y sigue siendo una reacción muy importante para el hombre, debido a que está asociada con el desprendimiento de energía (con el calor). Diferentes hubieran sido las cosas si la

combustión de la leña no aportara al medio el calor o luminosidad que necesita para cocinar los alimentos, ahuyentar las fieras, combatir las bajas temperaturas...

Básicamente, las sustancias que conocemos como combustibles contienen átomos de carbono y de hidrógeno en su estructura, los cuales durante la reacción (que llamamos **combustión**) se combinan con el **oxígeno** del aire (recordemos que esta es una sustancia de presencia indispensable) formando nuevas sustancias: el **dióxido de carbono** y el **agua**.

Como ya hemos mencionado anteriormente, una **característica** de las reacciones que debe destacarse es la formación de nuevas sustancias con propiedades distintas a partir de las sustancias que han reaccionado. En el ejemplo anterior, los productos que se han formado durante la combustión son: una sustancia llamada **dióxido de carbono** (su molécula esta constituida por dos átomos de oxígeno y uno de carbono,  $\text{CO}_2$ ) y **agua** ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

#### **Comentario a la Actividad 11**

Se pretende construir una interfase entre el lenguaje cotidiano y la ecuación química, como expresión de una reacción dada. De esta manera se busca una transición gradual que atravesase diferentes representaciones idiosincrásicas para que los alumnos vivencien la necesidad de acuerdos. El objetivo a largo plazo es la escritura de ecuaciones con sentido (significativas para el alumno). Esta actividad se contrapone a los listados tradicionales de ejercicios de escritura e igualación de ecuaciones que los alumnos tienden a resolver mecánicamente, sin incorporar su sentido de manera significativa.

#### **Actividad 11 :**

- Intente escribir la reacción de combustión de cualquier combustible de la **Actividad 2** con sus palabras o utilizando símbolos en forma de **ecuación**. Indique cuáles son los reactivos y cuáles los productos de esta reacción.

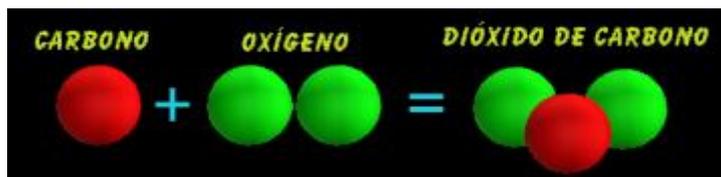
#### **¿Cómo imaginamos que han ocurrido las cosas?**

Es evidente que los átomos presentes en toda reacción se reacomodan, de tal forma que se rompen algunas uniones existentes y se establecen nuevas uniones formándose sustancias diferentes. De esta manera se puede explicar, por ejemplo, que se cumple la

Ley de Lavoisier, ya que durante este proceso no aparecen ni desaparecen átomos, sólo se reubican.

Una manera de modelizar las reacciones, a la cual suelen recurrir también los químicos, es imaginar cómo se verían los átomos antes y después de la reacción.

En la figura podemos ver la representación de la reacción entre el carbono y el oxígeno.



Al iniciarse la reacción se ponen en contacto dos sustancias (son los reactivos), la molécula de oxígeno, en estado gaseoso (se representa mediante dos átomos unidos entre sí) y el átomo de carbono. El resultado final, es decir los productos, se sitúan en la parte derecha. En este caso, la nueva sustancia que se ha formado es el dióxido de carbono y se simboliza como  $\text{CO}_2$ .

Esta forma de representar ayuda a imaginar cómo han ocurrido las rupturas y formación de nuevas uniones, aunque no reemplaza a la ecuación química que, como hemos dicho, es el lenguaje que universalmente se utiliza en la química.

En este caso, la ecuación que representa la reacción es:



La evidencia de la formación de nuevas sustancias durante una reacción química es el cambio en algunas propiedades que pueden advertirse en el sistema inicial debido a la aparición de compuestos que antes no estaban presentes.

En el caso de la combustión, aunque es evidente el desprendimiento de calor que se genera durante esta reacción, es difícil en cambio demostrar que se ha formado  $\text{CO}_2$  ya que esta sustancia se encuentra en estado gaseoso, es incoloro y no posee ningún olor característico... Sin embargo, seguramente en tus clases de Ciencias Naturales habrás visto que la presencia de este gas incoloro (que exhalamos durante nuestra respiración) se suele reconocer mediante el agua de cal.

### **Comentario a la Actividad 12**

En esta actividad se pueden alcanzar diferentes objetivos: en primer lugar contrarrestar la tendencia que poseen los estudiantes a no considerar los reactivos o productos de cualquier reacción cuando se encuentran en estado gaseoso, es decir “cuando no son visibles” (Caamaño, 1998). En segundo lugar, Diseñar experimentos y resolver situaciones problemáticas (continuación a la actividad 2) utilizando destrezas propias del trabajo científico. Por último, se busca integrar conocimientos desarrollados en otras áreas (como la Biología), para que los saberes químicos no se depositen en un compartimento estanco, sin relación con otras asignaturas ni con la vida cotidiana, tal como lo reclaman las nuevas tendencias en Enseñanza de la Química.

### **Actividad 12:**

- Investigue cómo se reconoce la presencia del dióxido de carbono mediante el agua de cal. Planifique y lleve a cabo un experimento que permita comprobar que la combustión de una vela produce dióxido de carbono. Realice un informe y presente los resultados obtenidos.

### **Comentario a las Actividades 13 y 14**

En la primera parte de la actividad 13 se propone una reflexión sobre el camino recorrido, lo cual permitirá que los alumnos escriban las ecuaciones que representan diferentes reacciones químicas de manera significativa.

En la segunda parte de esta actividad se retoman conceptos ya estudiados, como la clasificación de óxidos, propiedades de los compuestos iónicos y sus diferencias con los covalentes. También se retoma la escritura de fórmulas mediante el uso de números de oxidación.

Por último en la Actividad 14 se ponen en juego los modelos mentales que los estudiantes han construido, que se evidencian en las respuestas a las situaciones problemáticas planteadas.

### Actividad 13:

- I. Retomando los diferentes tipos de reacciones que hemos visto, le pedimos que relea la experiencia de Lavoisier (Actividad 5) y la reacción que se llevó a cabo con la cinta de Magnesio. Después escriba la ecuación que representa esa reacción química, recurriendo a los correspondientes símbolos químicos.

Recuerde representar el oxígeno como gas y la sustancia producto de la reacción mediante su fórmula (óxido de magnesio).

### II Otros ejemplos similares:

Cuando se deja un clavo de hierro a la intemperie, después de un tiempo se observa que se ha recubierto de una capa rojiza. Se dice que se ha oxidado (aunque esta reacción se produce sin la necesidad de calentar a los reactivos).

- ¿Con quién ha reaccionado el hierro?
- ¿Cuál/es podrían ser la/s sustancia/s formadas en este caso? (no olvide consultar los correspondientes números de oxidación antes de responder).
- Escriba la/s ecuación/es que representa/n esta/s reacción/es.

### III Recordando la **clasificación de los óxidos**:

- ¿En qué tipo ubicaría cada uno de los ejemplos anteriores?
- De acuerdo al tipo de uniones que presentan sus átomos, ¿en qué estado de agregación esperaríamos que se encontraran a temperatura ambiente?
- ¿Se cumple su predicción? Justifíquelo.

### IV Releyendo la Actividad 11

- Escriba la ecuación de combustión del carbono

- b) Represente las ecuaciones que simbolizan la formación de los correspondientes óxidos cuando se quema una barrita de azufre (nuevamente, no deje de consultar los números de oxidación).
- c) Recordando la clasificación de los óxidos, ¿en qué tipo ubicaría cada una de las sustancias de los últimos tres ejemplos?
- d) De acuerdo al tipo de uniones que presentan sus átomos, ¿en qué estado de agregación esperaría que se encontraran estos óxidos a temperatura ambiente?
- e) ¿Se cumple su predicción?, Justifíquelo.

Como habrás podido reflexionar, la **combustión** de las sustancias combustibles (como la madera y el carbón) y la **oxidación** de los metales son reacciones químicas que tienen entre sí aspectos similares y también aspectos que las diferencian.

#### Actividad 14:

- Compare ambos tipos de reacciones: la combustión y la oxidación y explique sus similitudes y diferencias.
- Analice la razón por la cual un metal al quemarse pesa más, mientras que un trozo de carbón o azufre, también al quemarlo, pesa menos.
- Compare esta última ecuación con la que representa la combustión del carbono.

#### Comentario Actividad 15

La que sigue es una actividad enmarcada en el objetivo de conseguir una alfabetización científica para todos los futuros ciudadanos. Y dentro de esta mirada, se valora la capacidad de interpretar información científica circulante, la lectura de gráficos y la construcción de la habilidad cognitivo lingüística de **argumentar**.

En este caso se abre la discusión sobre hechos, fenómenos, datos y resultados de una experiencia, así como sobre la interpretación de aspectos químicos relacionados con éstos. Como afirman Solsona y otros (2000) *“En clase de química, es necesario que el alumnado aprenda a mirar los fenómenos de la manera específica que lo hace la química y para ello debe ser capaz de construir explicaciones de los fenómenos utilizando los conceptos químicos”*

### 5.3.6 La combustión, ¿puede contaminar el aire?

No sólo el dióxido de carbono está presente en nuestra vida cotidiana, originado por la combustión de combustibles varios. Veamos lo que dice el resumen de una investigación que se llevó a cabo en la ciudad de Rosario.

#### MONITOREO DE CONTAMINANTES DEL AIRE EN LA CIUDAD DE ROSARIO

Ing. Daniel A. Andrés, Ing. Eduardo J. Ferrero, Ing. César E.  
Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Rosario.

*Entre los diversos problemas ambientales causados por la intervención del hombre sobre la naturaleza, uno de los más significativos y extendidos a lo largo de todo el planeta es la contaminación atmosférica.*

*Al hacer un análisis general de la contaminación atmosférica es importante mencionar por lo menos algunos efectos negativos que presentan cada uno de los contaminantes primarios, entre ellos el:*

##### ***Monóxido de Carbono***

*Esta sustancia impide el transporte normal de oxígeno en la sangre. En función de la cantidad presente en el aire y del tiempo de exposición, causa desde pérdida de precisión visual y auditiva, pasando por dolores de cabeza, somnolencia hasta, en casos extremos, la agudización de enfermedades cardiovasculares.*

#### Actividad 15:

- En el gráfico de más abajo se muestran los resultados del monitoreo realizado en una esquina de la ciudad de Rosario.
  - a) ¿Qué datos aparecen en él?
  - b) ¿Cómo se relacionan entre sí? Exprese las conclusiones que se pueden inferir a partir del gráfico.
  - c) Si se realizara una medición de la concentración de CO en una esquina del centro de la ciudad de Buenos Aires a lo largo de una o más semanas, ¿cómo esperaríamos que fuera este gráfico? Justifíquelo.

Por lo visto, durante la combustión en determinadas condiciones puede formarse otra sustancia altamente nociva para el hombre: el **monóxido de carbono**.

- Investigue cuáles son las condiciones que favorecen que durante la combustión se produzca este gas tan peligroso.

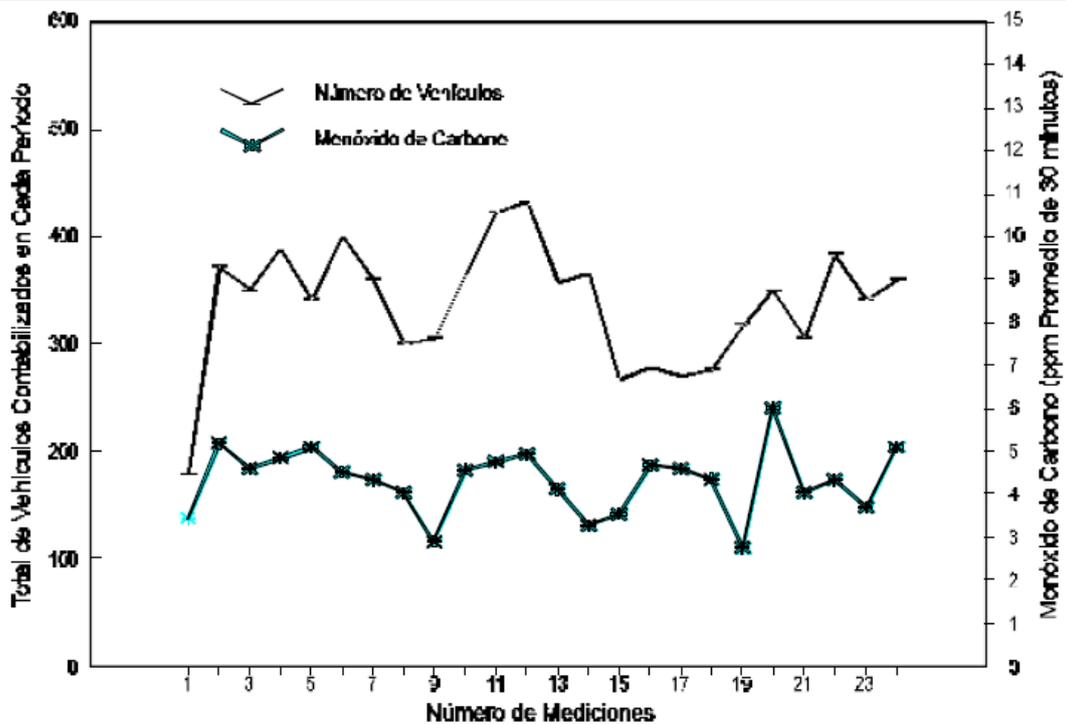


Fig. 8: Efecto del Flujo de Vehículos en la Concentración de Monóxido de Carbono

### Comentario a la Actividad de cierre

Nuevamente se apunta a determinar si se ha construido el **modelo** de reacción química esperado, mediante una situación problemática distinta de las que se han estudiado anteriormente. Para esto se plantean diferentes aspectos a resolver: escritura de ecuaciones, interpretación de observaciones macroscópicas, explicación de propiedades en función del uso del modelo de cambio químico, etc.

El *ítem 2* también apunta a la conceptualización del concepto de reacción química.

Y finalmente el *ítem 3* retoma la dimensión social, colocando al estudiante ante una situación en la que seguramente deberá afrontar en la vida cotidiana: las precauciones a tener en cuenta al utilizar la combustión en la calefacción hogareña. Se propone la comunicación a personas no expertas, como una manera de recurrir a “hablar y escribir” en ciencias para favorecer la construcción de los conceptos.

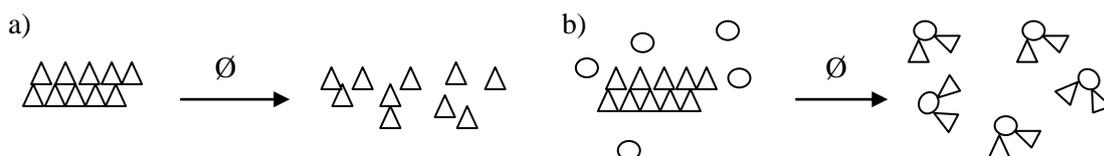
## Actividad de cierre

1. Se pegó una lana de hierro (esponja o virulana) en el fondo de un frasco y éste se colocó invertido sobre un plato con agua. Al cabo de unos días se observó que la esponja está "oxidada" (de color marrón oscuro).



- a) Explique lo ocurrido y escriba la correspondiente ecuación.
- b) ¿Pesará la esponja igual, más o menos que al comienzo? ¿Por qué?
- c) El nivel del agua subió dentro del frasco. ¿Por qué?

2. ¿Cuál de las siguientes representaciones simboliza una reacción química?. ¿Por qué?



3. En relación con las siguientes preguntas, prepare un folleto explicativo que permita a alumnos de cursos menores tomar conciencia de las precauciones a tener en cuenta al calefaccionar su hogar.

- ✓ ¿En qué condiciones se produce monóxido de carbono durante una combustión?
- ✓ ¿Por qué se aconseja mantener siempre una ventilación en todo ambiente en el cual se encienda una estufa o una caldera de calefacción?

En el Capítulo 7 analizaremos los datos recogidos de la aplicación del Módulo, gracias a los cuales podremos extraer conclusiones respecto de la conformación de un modelo de trabajo por parte de los estudiantes, respecto del concepto de cambio químico.



# **CAPÍTULO 6**

## **LAS REACCIONES QUÍMICAS EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN**



## CAPÍTULO 6

### Las reacciones químicas en los medios de comunicación

*Los usuarios del lenguaje no sólo construyen modelos mentales de la situación en la que interactúan, sino también de los acontecimientos o las situaciones de las que hablan o escriben.*  
Teun A. van Dijk, 2003.

Para entender porqué nos interesa realizar una indagación para conocer el tratamiento que diferentes medios de comunicación dan al tema de las reacciones químicas podemos remitirnos a citar las palabras de Teun A. van Dijk (2003) cuando dice: *“...si adquirimos nuestro conocimiento del mundo, nuestras actitudes socialmente compartidas y, por último, nuestras ideologías y nuestras normas y valores fundamentales, se debe a que lo hacemos a través de modelos mentales del discurso cotidiano, como el de las conversaciones, las noticias, los reportajes y los libros de texto”*.

En base a esta frase, podemos coincidir en lo relevante que resulta para el análisis de las representaciones acerca de la citada temática que socialmente son compartidas por nuestros alumnos (y otros actores de la sociedad), buscar en el discurso periodístico los indicios de la RS<sup>8</sup> que pudiera circular en nuestro medio.

La complejidad que reviste el análisis del discurso fue esbozada por Van Dijk (1997), quien plantea y propone un marco para su estudio que puede resumirse en tres conceptos principales interrelacionados: discurso, cognición y sociedad. En esta visión, no es posible analizar la comunicación sin tener en cuenta las tres facetas de este proceso.

En principio el *discurso* es lenguaje, y se tiene en cuenta por ello su uso lingüístico y su papel en la comunicación. Pero se complementa con el término *cognición* que representa tanto la cognición individual como la social, el pensamiento y la emoción, las representaciones de la memoria y los procesos mentales. Ningún análisis puede dejar de lado estos aspectos y de igual manera debe considerar la *sociedad* que se entiende como el

---

<sup>8</sup> Representación Social, tal como se la define en el Capítulo 3

macronivel de las relaciones sociales tanto como el nivel micro de las interacciones grupales. En definitiva, la propuesta del citado autor indica que de ninguna manera el discurso y la sociedad pueden estar relacionados sin la cognición que regula y actúa como mediadora entre ambos y por ello se considera su interfase. En tal sentido se afirma que tan problemático sería un acercamiento al discurso y a la sociedad que no tenga en cuenta la mente, como lo sería una explicación del discurso que no considere el encuadre social, ya que nuestras representaciones mentales así como todas las estructuras, instituciones y relaciones sociales están constituidas en y por el discurso.

Por este motivo Van Dijk habla de la “ciencia del texto” en un enfoque abarcativo e interdisciplinario que podría traducirse como análisis del discurso entendido como un tipo de interacción social, condicionada por la cognición y socialmente contextualizada por los participantes, tomados como miembros sociales en situaciones sociales. Por eso se acepta actualmente que las "interpretaciones" que los usuarios le asignan al discurso son de naturaleza cognitiva y social. Porque lo que realmente influye o controla el discurso no es una situación social objetiva sino la construcción mental y subjetiva que poseen los usuarios de la lengua.

Teniendo como base estas consideraciones podemos analizar los resultados de una parte de esta investigación.

La primera evocación que ha sido realizada por los estudiantes permite identificar los componentes de una representación que ellos poseen respecto del tema “reacciones químicas”. Tal como se ha ido deduciendo, y dado que ésta es una temática que aún no había sido abordada en el aula en el momento de la citada indagación, las características detectadas permiten conformar una representación de origen social que ellos comparten y que probablemente tenga puntos en común con la RS de otros individuos del mismo ámbito.

Con esta premisa en mente, se asume la necesidad de confirmar si pueden considerarse representaciones sociales las representaciones que los estudiantes traen al aula respecto de las reacciones químicas. Para cumplir con el referido objetivo se realizan indagaciones que buscan

determinar las posibles maneras en que otros actores sociales, fuera del ámbito escolar, identifican los procesos químicos.

Cuando se trata de buscar algunos posibles orígenes de las representaciones que los individuos poseen acerca de los cambios químicos, es ineludible hacer una recorrida por periódicos y páginas webs, entre otros medios de comunicación. Esto es así ya que se considera, tal como lo expresa Domínguez-Gutiérrez (2006) que *“en las sociedades contemporáneas, la formación de las representaciones sociales de la ciencia tienen como fundamental trasfondo los procesos de comunicación social.”*

Hay gran variedad de estudios que demuestran la forma en que se afecta la percepción que los individuos poseen acerca de diferentes aspectos de la ciencia por el accionar de los medios de comunicación tales como periódicos, programas de televisión en general, programas sobre ciencia y revistas científicas y también mediante la información científica que circula en Internet.

A modo de ejemplo de lo dicho, las figuras que aparecen bajo este párrafo son algunas de las imágenes que surgen en uno de los buscadores más comunes cuando se ingresan palabras clave tales como “científico” o “químico”: Como se puede apreciar en cada una de ellas se exponen muchas de las características estereotipadas que la gente suele tener acerca de estas personas, es decir, varones de raza blanca que trabajan solos y dentro de un laboratorio, usan delantal y gafas y producen reacciones llamativas y/o peligrosas.



También es posible consultar las investigaciones que, al respecto, han sido realizadas por la *National Science Board's Science and Engineering*

*Indicators* (Nisbet et al., 2002). Todos ellos corroboran la influencia de los medios de comunicación en la imagen que poseen los individuos y, en algunas de las investigaciones ("*Where Americans Get Information About S&T.*" y "*Public Perceptions of Chemistry, the Chemical Industry, and Chemists*"), los mismos entrevistados reconocen que sus puntos de vista en temas de ciencia y tecnología son influenciados por periódicos, revistas y programas televisivos referidos a temas científicos.

Por ejemplo, admiten que en los temas referidos a Química, su mayor porcentaje de fuentes de información corresponde a los periódicos (34%); los reportajes periodísticos de nivel nacional (28 %) las revistas (27 %) y los reportajes televisivos de la televisión local (24 %).

*Otro dato interesante se obtiene en otro estudio de la misma fuente (National Science Foundation, Division of Science Resources Statistics Science and Engineering, 2002) mediante el cual también se intenta determinar la percepción social que los individuos poseen acerca de la ciencia. El 53% de los entrevistados afirmaba que el trabajo científico es peligroso, en relación con el tipo de sustancias que se manipulan, lo cual contribuye seguramente a configurar las RS de estas áreas del conocimiento.*

## **6.1 Cómo se representan las reacciones químicas**

Como se ha planteado en los trabajos citados anteriormente, en esta investigación se asume la influencia de los medios de comunicación en el establecimiento de las RS que pudieran aparecer en el ámbito social (escolar o no) en relación con el tema de estudio de la presente Tesis (cambio químico).

El objetivo ahora es determinar la composición de la RS que pudiera aparecer en nuestro medio y con este fin se realiza un recorrido por diferentes publicaciones que tienen sus páginas alojadas en Internet para examinar las noticias periodísticas de los últimos tiempos, relacionadas con las reacciones químicas. Para ello se trabajó con ayuda de los buscadores más utilizados en la Web.

Como palabras clave para la búsqueda de las crónicas que hubieran aparecido en los medios se recurrió a términos como *química, reacción química, explosión*, y otros similares. Se partió de la hipótesis de que estos términos se encuentran asociados en las noticias y que de esta manera se conforma y circula una RS que relaciona a las reacciones químicas con las explosiones y otras manifestaciones de gran evidencia y que ya fuera detectada en los estudiantes mediante la técnica de la evocación durante indagaciones preliminares.

Recurriendo al análisis de los artículos encontrados, que tuvieron difusión masiva no sólo en las versiones *on line* de los periódicos sino que formaron parte de los medios en general, se indagó acerca de la conformación de la representación que los individuos de esta sociedad pudieran tener respecto de las reacciones químicas.

A mediados del año 2011, cuando esta investigación se estaba realizando, fue posible encontrar en la Web, al introducir los términos de búsqueda citados a través de los buscadores y en páginas en castellano, un gran número de noticias referidas a la recientemente ocurrida explosión en Fukushima.

Como se recordará, el desarrollo de este suceso tuvo el tratamiento central de los periódicos en formato impreso durante largo tiempo y esta situación se reprodujo en el formato digital de los mismos periódicos.

Lo sorprendente fue la relación que marcaron los titulares y las noticias entre la explosión de la central nuclear y las reacciones químicas.

Un recorrido por algunos diarios digitales que han reproducido la crónica nos permite poner en evidencia estas relaciones.

En cada caso, a continuación, se reproducen los titulares y volantas de las reseñas encontradas, aunque el subrayado es nuestro y no aparece en la versión original. Debajo de cada una se ubica el link a la página referida:

OIEA corrobora que explosiones en Fukushima se debieron a reacción química

Viena, 14 mar (EFE).- El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) afirmó hoy que fue una reacción química y no nuclear la causante de las explosiones en dos de los tres reactores de la central japonesa de Fukushima averiados tras el terremoto y posterior tsunami del pasado viernes.

<http://noticias.venezuelasite.com/2011/03/oiea-corrobora-que-explosiones-en.html>

Esta noticia aparece reproducida, con un formato casi textual, en diferentes periódicos digitales de varios países de habla hispana:

<http://www.elpopular.com.ec/22708-reaccion-quimica-provoca-explosion-en-fukushima.html> (Ecuador)

[http://www.elcorreo.com/agencias/20110314/economia/oiea-corrobora-explosiones-fukushima-debieron\\_201103141806.html](http://www.elcorreo.com/agencias/20110314/economia/oiea-corrobora-explosiones-fukushima-debieron_201103141806.html) (España)

Y posteriormente se publican noticias día a día de lo que ocurría en la zona del accidente:

- *En directo: nueva explosión en Fukushima. Día cuatro tras el terremoto y el tsunami en Japón.*
- *El incidente en el reactor 3 se produjo por una combustión de hidrógeno.*

<http://www.publico.es/internacional/365954/en-directo-nueva-explosion-en-fukushima-dia-cuatro-tras-el-terremoto-y-el-tsunami-en-japon>

(Público.es)

- *"Hubo una explosión debido a una reacción química y no nuclear", **declaró a la prensa el japonés Yukiya Amano, el director general del OIEA.***

[http://www.diariocordoba.com/noticias/internacional/oiea-corrobora-que-las-explosiones-en-fukushima-se-debieron-a-una-reaccion-quimica\\_623729.html](http://www.diariocordoba.com/noticias/internacional/oiea-corrobora-que-las-explosiones-en-fukushima-se-debieron-a-una-reaccion-quimica_623729.html)

(Córdoba, España)

- *El Gobierno dijo que la explosión, similar a la ocurrida el sábado en el reactor 1, no fue nuclear sino química, causada por una acumulación de hidrógeno.*

<http://www.diariodenavarra.es/20110315/internacional/una-nueva-explosion-central-fukushima-mantiene-alarma.html?not=2011031501265999&idnot=2011031501265999&dia=20110315&seccion=internacional&seccion2=internacional&chnl=30> (Navarra, España)

En Argentina también se daba un tratamiento similar a los acontecimientos:

- *Nueva explosión en Fukushima causó alarma por posible fuga. No fue nuclear sino química por una acumulación de hidrógeno, aseveró el gobierno.*

<http://www.26noticias.com.ar/nueva-explosion-en-fukushima-causo-alarma-por-posible-fuga-128512.html> (Argentina)

Y de manera semejante se abordaba en Chile:

- *En rueda de prensa en la sede vienesa de la ONU, Amano afirmó que fue una reacción química y no nuclear fue la causante de las explosiones en dos de los tres reactores de la central japonesa de Fukushima, averiados tras el terremoto y posterior tsunami del pasado viernes.*

<http://latercera.com/noticia/mundo/2011/03/678-351317-9-japon-solicita-envio-de-expertos-nucleares-a-organismo-de-la-onu.shtml> (Chile)

También se podía leer en algunos blogs:

- *La mayoría de nosotros hemos podido ver en nuestros televisores y U-Tubes las explosiones de tres reactores nucleares de la central de Fukushima en Japón, tras el terrible terremoto y el subsiguiente tsunami del pasado viernes 11 de Marzo, hace una semana de cuando escribimos esto.*
- *Muchos pensaron que se trataría de una reacción nuclear fuera de control, quedando un poco perplejos cuando los expertos afirmaban, muy nerviosos sin duda, que se trataba de una “explosión química”.*

<http://menriqlacroix.wordpress.com/2011/03/21/explosion-quimica-de-los-reactores-nucleares/>

En España se leía:

- *En rueda de prensa, el ministro portavoz ha informado de que la explosión no ha dañado el depósito que protege al reactor (el que ahora se intenta rellenar con agua de mar) y ha asegurado que se investiga como posible causa una reacción química entre acumulaciones de hidrógeno y oxígeno*

[http://www.elpais.com/articulo/internacional/Fukushima/vive/peor/accidente/nuclear/Cernobil/elpepuint/20110312elpepuint\\_2/Tes](http://www.elpais.com/articulo/internacional/Fukushima/vive/peor/accidente/nuclear/Cernobil/elpepuint/20110312elpepuint_2/Tes)

Y de nuevo en los diarios más leídos de Argentina se afirmaba:

Clarín 13/3/2011

- *Otros especialistas explican que la explosión se produjo dentro del segundo contenedor y que dañó esa "jaula" de protección, pero que, a pesar de eso, el núcleo se mantuvo intacto. Estos últimos se lo atribuyen a una reacción química entre hidrógeno e oxígeno, que se volvió inestable a partir de la descompresión por la liberación de los gases.*

[http://www.clarin.com/mundo/asia/Explosion-planta-atmica-evacuaron-personas\\_0\\_443355729.html](http://www.clarin.com/mundo/asia/Explosion-planta-atmica-evacuaron-personas_0_443355729.html)

La Nación 13/3/2011

- *El estallido se produjo debido a la interacción del hidrógeno con el oxígeno fuera del reactor, informó Tokyo Electric Power.*
- *El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) afirmó hoy que fue una reacción química y no nuclear la causante de las explosiones en dos de los tres reactores de la central japonesa de Fukushima*

<http://www.lanacion.com.ar/1357077-japon-en-vilo-por-la-amenaza-nuclear>

## 6.2 Modelos transactivos.

Para poder analizar la relación que se transmite a la sociedad mediante el tratamiento de estas (y otras) noticias es necesario presentar brevemente la propuesta metodológica utilizada y que fuera esbozada por Hodge y Kress (1993), quienes postulan que los hablantes, mediante la lengua, se apropian de modelos para clasificar e interpretar los eventos del mundo, en un proceso que es continuo y constante. Estos modelos se clasifican en accionales y relacionales.

Los modelos accionales se refieren a algún proceso relativo a la acción, que ha sido llevado a cabo por un determinado individuo o agente. Dentro de este modelo, aparecen también tres tipos de procesos: los transactivos, los no transactivos y los pseudotransactivos.

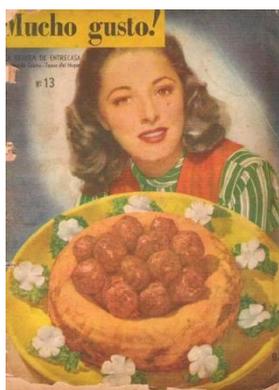
En el caso que nos interesa, los modelos transactivos, puede decirse que son aquellos que involucran a dos participantes, de los cuales uno aparece como el causante de la acción (el agente), y el otro como el afectado, (se suele denominar paciente). Este tipo de análisis de discurso es muy utilizado para identificar lo que solemos llamar “entrelíneas” en las noticias que aparecen en los periódicos. Así es habitual encontrar investigaciones que analizan las diferentes maneras en que es abordada una misma reseña por periódicos de distinta orientación.

Por ejemplo, Zullo y Raiter (2004) en *“Piquetes y piqueteros. Los actores sociales de la pobreza en la prensa argentina”* analizan como un grupo social los “piqueteros” es reconstruido en distintos medios gráficos de manera diferente ya que se los define y agrupa tras una serie de prácticas que se explicitan y se relacionan causalmente con los hechos relatados.

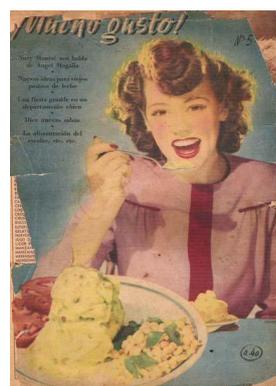
O también en otro ensayo presentado en las III Jornadas Nacionales de Investigadores en Comunicación, Zullo (1999) analiza las estrategias de la prensa a 20 años del golpe militar. En este trabajo, la autora examina los titulares de diferentes medios de comunicación recurriendo a metodologías de análisis de la Lingüística Crítica (Hodge y Kress, 1993) para explicar por qué el mote de "terrorista", "guerrillero", "subversivo" tienen una carga negativa que los años de democracia no han desterrado.

Otro ejemplo de utilización de este tipo de análisis aparece en “La figura del ama de casa en la revista *Mucho Gusto* durante el primer Peronismo” en el cual Pidoto (2009) propone un interesante análisis semiótico de las tapas de dicha publicación “con el fin de desocultar, a través de los procedimientos discursivos empleados, cómo se construye la figura del ama de casa de la época”. A modo de ejemplo, en el artículo se analiza cómo en la mayoría de las tapas, “la figura de la mujer se manifiesta en relación de contigüidad física con un plato de comida presentado como un manjar”. La autora describe la situación de la siguiente manera: “... primero aparece el plato, fuertemente connotado a través de huellas o marcas enunciativas, y por detrás la imagen de la mujer sonriente. ... Este recurso metonímico, sustentado por el efecto de contigüidad entre ambas figuras de la superficie textual, produce el impacto de una relación causa-efecto. El producto (Manjar, plato de comida) es el efecto de la acción realizada por la agente, que es la mujer representada”.

En este caso, el análisis se fundamenta en el tipo de relaciones que se establecen entre mujer y comida y que caracterizan al ama de casa como un agente que es promotor de una acción. Para la autora, esa agente construye el objeto deseado y el deseo está sostenido por toda una red semántica fuertemente simbólica: *mujer-manjar-bienestar-hogarfeliz*, “siempre y cuando se pueda llegar a poner en obra esta acción reguladora de la norma”.



Ejemplar Nº 13 Año 2 – Noviembre 1947



Ejemplar Nº 5 Año 2 – Mayo 1947

Como se puede advertir, la autora recurre al *proceso transactivo* de Hodge y Kress (op cit) lo cual implica que en este plano de los modelos accionales aparece una *agente* que es la promotora de una acción

En nuestro caso, del análisis de las noticias y especialmente de todos los titulares que fueron seleccionados y enumerados anteriormente surgen ciertas cláusulas transactivas (accionales) que pueden advertirse. Recordemos que mediante el modelo transactivo se establecen (de manera implícita) relaciones causa/efecto. Por ejemplo, en el caso de las noticias que hemos recorrido, podemos extraer el texto que surge “entre líneas”:

El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) **(Autoridad)**

**afirmó que**

fue una reacción química **(ACTOR)**

la causante **(PROCESO/ACCION)**

de las explosiones **(AFECTADO)**

Como se puede inferir, el concepto de reacción química (causa) aparece claramente asociado con las explosiones (efecto) en todas las crónicas referidas anteriormente.

Encontramos una relación nada sorprendente, ya prevista y que ha sido de alguna manera también explicitada recurrentemente en comics, dibujos animados, películas y publicidades en las cuales, tal como en las figuras incluidas al comienzo del presente Capítulo, el científico es representado como un hombre de aspecto extravagante, con guardapolvos o bata blanca, y en general como un par de tubos de ensayos en sus manos, a punto de mezclar sus contenidos... y si la representación continúa, se verá que la “mezcla” desprende humo, cambia de color y la mayor parte de las veces provoca una explosión que suele despeinar al “científico”.

Esta relación causa-efecto que se puede deducir se vuelve aún más relevante cuando, como ocurre en este caso, las noticias se remiten a una

temática que es tomada frecuentemente por los medios de comunicación desde una mirada amarillista.

La energía nuclear no tiene “buena prensa” (al menos en Argentina) y en general las noticias relacionadas con esta temática se refieren exclusivamente a la contaminación, los escapes de material radiactivo o a algún otro peligro inminente, y en cambio pocas veces están en relación con los beneficios que produce el manejo de este tipo de energía

Por tal motivo, debe destacarse que de los mensajes anteriormente analizados, surge por un lado la intrínseca relación que se establece entre reacción química y explosiones. Pero mucho más sorprendente es la conclusión que podríamos inferir de su lectura, cuando interpretamos que una reacción química puede ser peor aún que una reacción nuclear.

Leamos al respecto la frase que se había citado anteriormente: “Muchos pensaron que se trataría de una reacción nuclear fuera de control, quedando un poco perplejos cuando los expertos afirmaban, muy nerviosos sin duda, que se trataba de una “explosión química”.

De acuerdo con este tipo de comentarios pareciera quedar sobreentendido que este tipo de proceso (la reacción química) es peor aún que una reacción nuclear fuera de control.

Pero no solamente en noticias relacionadas con la problemática de Fukushima se pueden extraer menciones a las reacciones químicas, que de alguna manera condicionan a la sociedad en la construcción de las RS. Es decir, no sólo la citada catástrofe ha contribuido a conformar la RS sobre el tema, sino que la orientación hacia una visión estereotipada de lo que sería una reacción química se extrae en noticias variadas, de lugares y momentos también disímiles.

Veamos otras noticias también recolectadas por Internet en la misma época:

Viernes 19 de marzo de 2010

## 1. VECINOS PIDEN ERRADICAR UNA PLANTA QUIMICA.

*El conflictivo tema que involucra a la firma Agrofum S.A., donde se originaron días atrás varias explosiones de sustancias químicas, puso a toda la población de los barrios San Rudesindo y Nicolás Avellaneda en un virtual estado de alerta. Es que el lugar es considerado por los habitantes como «una bomba a punto de estallar».*

*Varela punto com - Las últimas noticias al instante de Florencio Varela (Diario digital del conurbano sud de la Capital Federal)*  
<http://varelapuntocom.blogspot.com/2010/03/vecinos-piden-erradicar-planta-quimica.html>)

## 2. MANIPULACIÓN DE QUÍMICOS ORIGINA EXPLOSIÓN EN UNA ESCUELA.

*Profesor de colegio de Fe y Alegría perdió un dedo. Hubo 19 alumnos con afecciones auditivas*

*Un profesor de química perdió un dedo de la mano a causa de una explosión en el colegio Fe y Alegría N° 3 de Ciudad de Dios, en San Juan de Miraflores.*

*Se supo que el accidente ocurrió aproximadamente a las 6:10 p.m. cuando Celso Cárdenas León, de 59 años, preparaba un experimento ante un grupo de alumnos del tercer año de secundaria.*

*Aparentemente el profesor manipulaba químicos como clorato de potasio, aluminio, nitrato de estroncio y alcohol para producir luz de bengala. Sin embargo, este dato no ha podido ser confirmado.*

Diario El Comercio de Perú (Ed digital) 27/7/2011

<http://elcomercio.pe/edicionimpresa/html/2007-07-27/ImEcLima0759999.html#>

También se encontraron nuevas versiones para la caída de las Torres Gemelas:

### 3. UNA REACCIÓN QUÍMICA PUDO CAUSAR EL DESPLOME DE LAS TORRES GEMELAS.

RT | Internacional | 22 Septiembre de 2011

Ha aparecido una nueva hipótesis sobre el desplome de las Torres Gemelas el 11 de septiembre de 2001. Un científico noruego considera que las torres se derrumbaron a causa de una explosión producida por la fusión del aluminio líquido y el agua.

El químico Christian Simensen, del centro de investigaciones SINTEF, señala que una sustancia explosiva formada por aluminio fundido (y precisamente de aluminio estaban hechos los fuselajes de los aviones que chocaron contra los rascacielos de la Gran Manzana) y el agua del sistema de extinción de incendios de los edificios fue la verdadera causa del derrumbamiento.

<http://www.elecodeospasos.net/article-una-reaccion-quimica-pudo-causar-el-desplome-de-las-torres-gemelas-84957755.html>

### 4. QUINCE MUERTOS Y DECENAS DE DESAPARECIDOS EN UNA EXPLOSIÓN EN GUATEMALA.

Según los trabajadores de la zona, la explosión se produjo en un depósito de tolueno, un hidrocarburo líquido y volátil que se utiliza para fabricar colorantes. Otras fuentes aseguran que la explosión se produjo tras el choque de dos camiones cisterna.

Diario El País de Guatemala Ed digital 5/12/1999

[http://www.elpais.com/articulo/internacional/GUATEMALA/Quince/muertos/decenas/desaparecidos/explosion/quimica/Guatemala/elpepiint/19991205elpepiint\\_17/Tes](http://www.elpais.com/articulo/internacional/GUATEMALA/Quince/muertos/decenas/desaparecidos/explosion/quimica/Guatemala/elpepiint/19991205elpepiint_17/Tes)

### 5. CUATRO HERIDOS POR EXPLOSIÓN EN LOS SOLIAS

Martes, 02 de Marzo de 2010 10:52

El sargento Alberth Brito, jefe de la División de Materiales Peligrosos de los Bomberos de Miranda, explicó que luego que ambos trabajadores fueron llevados a la atención médica, los apaga-fuegos se acercaron a lugar y "al tratar de tomar muestras del agua de la piscina, movieron un contenedor del químico, el cual hizo una explosión que lesionó a los funcionarios".

Disponible en [www.diarioavance.com/.../488](http://www.diarioavance.com/.../488)

## 6.- QUÍMICA ARTOMFÉRICA EN LA TROPOSFERA TERRESTRE.

También resulta interesante encontrar en una página destinada a ser consultada por los alumnos presentada por la Asociación Nacional de Maestros de Ciencias de la Tierra, afirmaciones como las que siguen:

*Cuando piensas en química, es posible que pienses en mezclar líquidos de diferentes colores en tubos de ensayo, o quizás pienses en una explosión... o en una súbita nube de humo.*

En : Ventanas al Universo disponible en:

[http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/chemistry\\_troposphere.html&lang=sp](http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/chemistry_troposphere.html&lang=sp)

Como se lee en la última página citada, y tal como se ha afirmado, la mención de “reacción química” remite a una representación compartida por la sociedad en la cual se la asocia fuertemente con las explosiones o cambios muy evidentes y que forma parte de los modelos de sentido común de nuestros estudiantes.

Por tal motivo, consideramos ahora que se trata de verdaderas RS que influyen en la construcción de los conceptos químicos relacionados con esta temática, dentro de los currícula escolares.

### 6.3 Determinación de la estructura de la RS.

Con el fin de complementar las valoraciones realizadas respecto de la percepción que la sociedad posee sobre el tema reacciones químicas, mediante el análisis del discurso aplicado a las noticias, se plantea la necesidad de llevar a cabo una encuesta evocativa a un grupo aleatorio de individuos, que no se desempeñen en ámbitos relacionados con la Química.

De esta manera se intenta identificar la estructura de la RS que comparten, a los fines de establecer una comparación entre estas dos

visiones y la RS que ha sido detectada en los estudiantes respecto del mismo tema.

Se establece a estos efectos un grupo de referencia de manera aleatoria, y para ello se solicita a diferentes profesores de Química que entrevisten al menos a 5 individuos de diferentes sexos y edades, utilizando la misma técnica empleada con los estudiantes.

Es decir, se emplea en esta etapa la misma metodología que ha sido desarrollada con detalles en el Capítulo 5, a la cual se ha recurrido para realizar las determinaciones de las RS que poseen los alumnos respecto del tema reacciones químicas.

Recordemos que nuestro objetivo es intentar demostrar que la construcción de los conceptos químicos relativos al cambio químico encuentra base en las percepciones compartidas por toda la sociedad en la cual estos estudiantes se insertan. Por tal motivo en las entrevistas se recurre a una metodología similar a la que fuera planteada para los estudiantes, con el fin de detectar la RS que otros actores de la misma sociedad poseen respecto del tema “reacción química”. Los detalles de la técnica se han enumerado también en el Capítulo 5.

Se instruye a los docentes para que soliciten a los voluntarios que escriban al menos 5 palabras que vengan a su mente ante la idea de una reacción química, o bien que escriban frases en las cuales luego seleccionen las 5 palabras-clave que se les han pedido para la investigación.

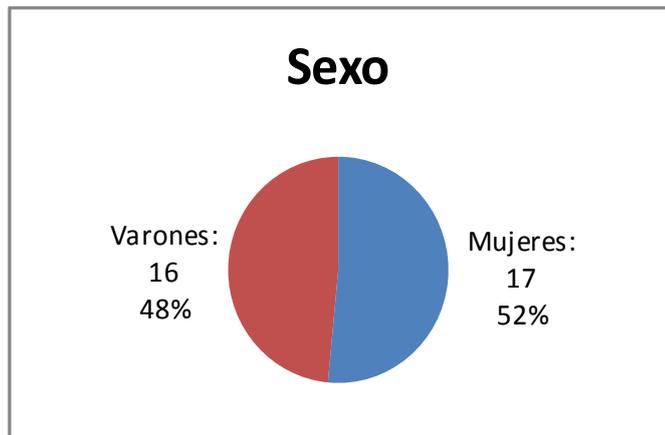
Los términos recolectados son luego procesados mediante el programa EVOC y permiten caracterizar la RS que los individuos poseen.

Fueron así entrevistados un total de 33 individuos, como se ha dicho, con el objetivo de identificar y posteriormente comparar la RS que ellos poseen con la representación que establecen los estudiantes, de acuerdo a sus manifestaciones respecto del mismo tema.

Se estableció una muestra aleatoria, conformada por individuos con las siguientes características:

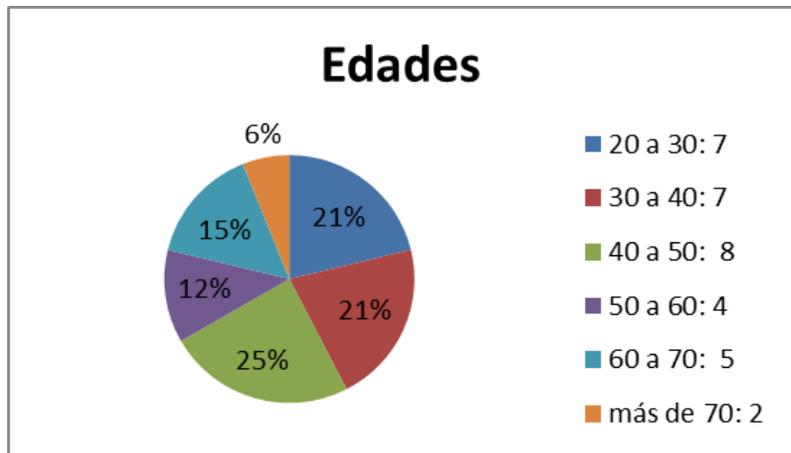
### Distribución por sexo

Mujeres:	17
Varones:	16



### Distribución por edades

20 a 30:	7
30 a 40:	7
40 a 50:	8
50 a 60:	4
60 a 70:	5
más de 70:	2



### Ocupación de los entrevistados:

empleados	15
comerciantes	3
profesionales independientes	4
profesores de áreas humanísticas	6
industriales	3
jubilados	2



De la misma manera que con las palabras surgidas de la evocación realizada con los estudiantes, las palabras recogidas se sometieron al tratamiento estadístico con el programa EVOC.

Surgieron 111 palabras, cuyo listado podemos ver a continuación:

*Bomba, átomos, explosión, Hiroshima, cambio, aspecto, diferente, gas, instantáneo, peligro, olor desagradable, humo, olor, peligro, tabla periódica, tubos, laboratorio, oxidación, ebullición, levadura, fuego, mezcla, vapor, fuego oxígeno, fusión, reactivos, transformación, burbujas, alteración, electrones, iones, ácido, espuma, limpiador, hongos, estado, proceso, combinación, elementos, combustión, alergia, sarpullido, remedio, destrucción, creación, natural, sintético, vulcanización, cohete, ignición, combustible, núcleo, ruido, incendio, peligroso, proceso.*

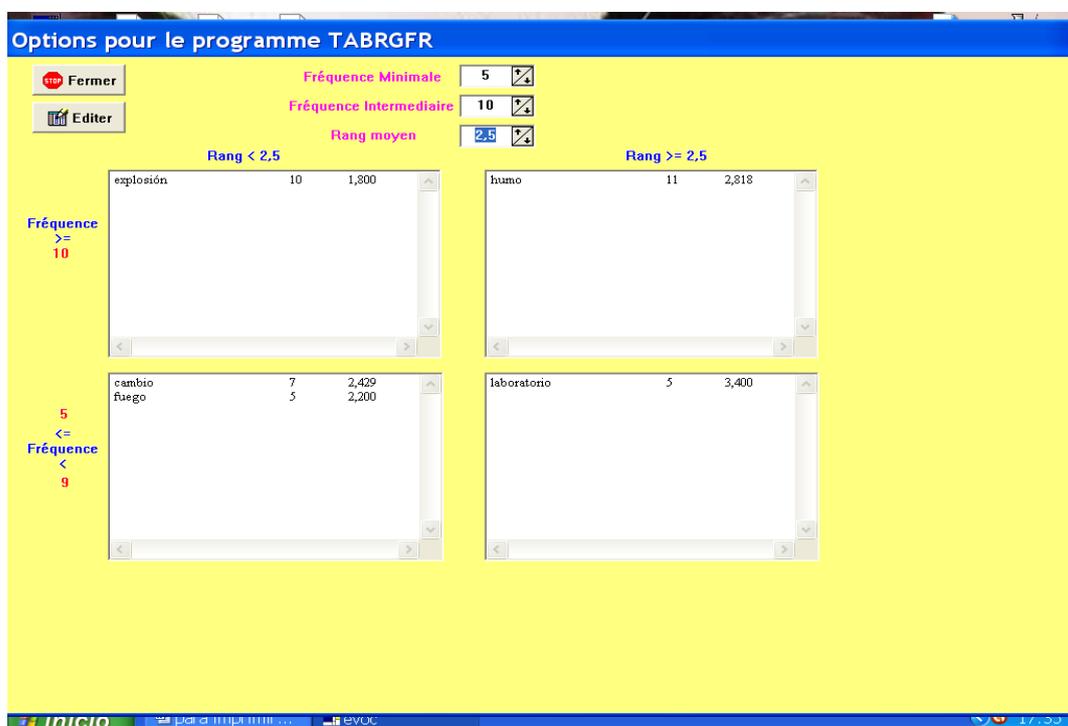


Figura 6.1 Cuadrantes que surgen del tratamiento estadístico de los datos.

Estas palabras fueron evocadas en diferentes órdenes y combinaciones y el análisis de estas particularidades se realizó mediante el programa estadístico. De esta manera fue posible obtener la siguiente configuración:

En el primer cuadrante de la figura 6.1, es decir aquel que se refiere a las palabras que han sido más citadas en los primeros lugares de la lista, aparece el término *explosión*. Entre las palabras que forman su cinturón

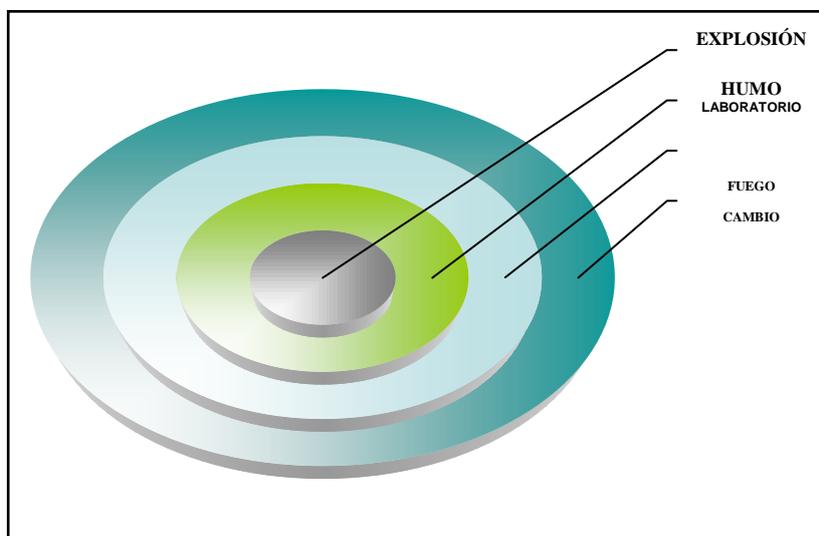
protector se hacen también presentes los términos *humo* y *laboratorio*. Puede entenderse que con estos conceptos se configura la RS que comparten estas personas que pertenecen al mismo ámbito social y época que los estudiantes.

Se puede deducir que en la RS obtenida se visualiza una reacción química fundamentalmente como una *explosión*, que desprende humo como consecuencia de la misma. También se comparte en la representación la idea de que este proceso suele llevarse a cabo en un *laboratorio*.

Entre los elementos de contraste, la RS cuenta para completarse con la idea de *cambio* y también con la presencia posible del *fuego* como otra forma de visualización del mismo.

En definitiva, podemos encontrar que la RS que los individuos de la sociedad poseen respecto de los cambios químicos tiene un gran componente macroscópico. Es decir, los individuos encuestados se remiten a señales evidentes de la ocurrencia del fenómeno. Además hacen una simplificación de los aspectos relevantes del cambio químico y prácticamente no recurren en su representación a los aspectos submicroscópicos de estos procesos.

No resulta sorprendente la conformación de la RS que estos individuos manifiestan tener, la cual mayormente coincide con los aspectos que habían sido detectados en los estudios anteriormente realizados con las crónicas periodísticas y las imágenes extraídas de Internet.



Tal como había sido previsto en las investigaciones citadas, las reacciones químicas tienen en la representación que el común de la gente posee, un fuerte nexo con las explosiones. En el sentido común se simplifican así, en esta exteriorización, todos los aspectos visibles que representan el cambio que se lleva a cabo durante este proceso. En el gráfico se esboza una representación de la RS (valga la redundancia) que en realidad es mucho más compleja y completa, pero que permite visualizarla con su núcleo y aspectos principales.

Podemos decir que el conocimiento cotidiano presenta un modelo de sentido común de reacción química relacionado con los siguientes aspectos ya detectados:

- Relación causa - efecto: cambio químico - explosión.
- Señales muy llamativas de su ocurrencia, tales como humo, fuego, y ruido asociados precisamente con las explosiones.
- Ocurrencia principalmente en los laboratorios.

Analizaremos en el Capítulo 7 los datos recolectados por evocación en los estudiantes, de manera previa al desarrollo del Módulo, para comparar su propia RS con la que ha sido detectada en el presente Capítulo.

# **CAPÍTULO 7**

## **RESULTADOS Y CONCLUSIONES**



## CAPÍTULO 7

### Resultados y conclusiones

*“La unión es ‘perfecta’ (SIC). Todos los átomos se unen con un átomo distinto.”*

Alumna de cuarto año (curso 2010) cuando se le solicita que explique la reacción producida entre un metal y el oxígeno.

A manera de resumen de lo que hemos transitado hasta este momento, podemos enumerar los siguientes hitos:

- En un primer momento de la investigación se recolectó información recurriendo a la primera evocación propuesta a los estudiantes, de manera previa al desarrollo del Módulo Didáctico. Esta encuesta permitió caracterizar la conformación de la RS que ellos poseen inicialmente respecto de las reacciones químicas.
- El mismo tipo de indagación se realizó con un grupo aleatorio de individuos que conviven en la misma sociedad aunque no pertenecen a la población escolar, a manera de control, con el fin de comparar la RS que circula en este medio en referencia al mismo tema.
- Para dar marco y fundamento a la caracterización de las RS detectadas en ambos casos, se analizó también la representación que difunden los medios de comunicación relacionada con las reacciones químicas.
- Se produjo el abordaje en el aula de la temática en cuestión mediante una secuencia didáctica que ha sido detallada y fundamentada en el Capítulo 5.
- Se analizaron diferentes producciones de los alumnos surgidas de las actividades planteadas, como una manera de evidenciar la conformación de modelos escolares sobre el tema cambio químico que les permiten realizar explicaciones y predicciones sobre determinadas situaciones problemáticas.

- Finalmente se aplicó nuevamente la técnica de la evocación en los estudiantes al finalizar el Módulo, con el objetivo de evaluar las modificaciones que pudieran haberse producido en la conformación de la RS previamente detectada.

En el presente Capítulo se realiza el tratamiento y análisis de los datos recogidos y se postulan algunas conclusiones, así como sugerencias para futuros trabajos.

## **7.1 Tratamiento de los datos evocados.**

Como se ha planteado, la primera etapa de la presente investigación se basó en la recolección de datos mediante la evocación, los cuales posteriormente fueron analizados mediante un tratamiento cuantitativo.

Con esta metodología se configuró la RS que los estudiantes traían al aula antes del desarrollo del tema y que por lo tanto, se considera que formaba parte de sus “conocimientos implícitos”, que en esta Tesis se asumen básicamente originados en representaciones sociales.

De acuerdo con lo previsto, todo el material recogido por la evocación al comienzo de la investigación fue sometido al análisis cuantitativo mediante el programa EVOC elegido para este estudio, ya que permite un análisis de tipo lexicológico.

Para ello, en un primer momento, fue necesario transferir todas las palabras recolectadas a un archivo de Excel que posteriormente se transforma por el mismo programa en un archivo de texto apto para la investigación.

También mediante una función del EVOC, se procede a la limpieza del fichero para eliminar o corregir errores que se detectan, para después proceder a organizar las palabras de acuerdo con las veces que han sido mencionadas y realizar la categorización sobre los términos que han resultado más citados por los sujetos.

El programa identifica los términos más frecuentes y les asigna un número de orden. De esta manera se establece la relación (solde<sup>9</sup> o balance) entre el orden de cada término y la ubicación en que cada una de las palabras aparece en relación con las otras.

Como resultado se obtiene un gráfico, en el cual se distribuyen los datos seleccionados que pueden perfectamente distinguirse en cuatro cuadrantes. Entre ellos podemos destacar el **Cuadrante 1** que es el primero (superior izquierdo en la pantalla) ya que en él aparecen las palabras con alta frecuencia de citado y que además han sido evocadas en los primeros lugares (bajo número de orden). Según la teoría del núcleo central son estas palabras las que representan los mejores candidatos del núcleo central de la RS del concepto analizado, en este grupo, en el presente momento.

En los demás cuadrantes aparecerán los elementos periféricos o de contraste, así como también la posible constitución de una RS alternativa.

Las palabras recolectadas luego pueden ser clasificadas y organizadas a través del establecimiento de categorías, lo cual permitirá, por ejemplo, la interpretación de la constitución de la RS que originalmente traen al aula los sujetos.

En nuestro caso, todos estos datos recogidos de manera preliminar, permitirán la comparación posterior con la segunda determinación de la constitución de la RS sobre *cambio químico*, una vez que en el aula ha sido abordada dicha temática, así como la identificación de similitudes con la RS acerca de las reacciones químicas que fuera detectada en el grupo extraescolar que oficia a modo de control.

### **7.1.1 Resultados obtenidos**

En la primera parte de la investigación, respondieron a la encuesta por evocación 51 estudiantes pertenecientes a dos grupos (cuarto, primera

---

<sup>9</sup> El término 'Solde' referido en el programa es el número de veces que la palabra 'a' es citada antes que la palabra 'b' dividido por el número de veces que 'a' es citada después que 'b'.

división y cuarto, segunda división) de estudio, cuyas edades estaban comprendidas entre 15 y 16 años. Como se ha dicho, son jóvenes de la clase media concurrentes al cuarto año de una escuela pública de la Ciudad de Buenos Aires

El test de evocación se aplicó mediante un requerimiento escrito individual y se permitió que fuera anónimo para el que así lo considerara, quitando de este modo a los estudiantes el peso psicológico de una posible evaluación por parte del docente.

Se obtuvieron así las 51 respuestas que fueron transformadas en palabras clave y asignado el orden de importancia de cada una, en general, de acuerdo con la posición que ocupaban en la redacción.

El total de palabras evocadas resultó 183. De cada una de ellas se calculó el orden medio de evocación (OME) que aparece en la tabla siguiente:

Cantidad de registros obtenidos:	51
Numero total de palabras diferentes:	70
Numero total de palabras citadas:	183
Promedio general:	2,32

Así, los alumnos evocan los siguientes términos, que luego son organizados por el programa estadístico según su frecuencia u orden de citado:

*Unión, varios, componentes, solución, líquido, mezcla, dos, sustancias, semejantes, transformación, visible, quemar, ceniza, elementos, ver, resultado, reacción, color, visible, cambio, químico, daño, unión, dos, combinar, humo, ruido, color, irreversible, quemar, ceniza, aspecto, olor, causa, mezcla, compuestos, explosión, chispa, varios, elementos, transformar, experimento, efecto, químico, encender, fósforo, alteración, forma, estado, inesperada, incompatible, volátil, diferente, choque, produce, electricidad, alteración, temperatura, forma, juntar, fundir, luz, químico, catástrofe, metal, temperatura, altera, origen.*

Una vez realizada la lista de distribución de rangos para todas las palabras se puede obtener la distribución de términos que con mayor frecuencia han sido citados. En esta distribución se puede visualizar el total de palabras evocadas, el cúmulo de evocaciones y su distribución.

Una vez completado este paso, es posible identificar las diferentes zonas de frecuencia en relación con la distribución de palabras: la sección de las palabras que resultan más nombradas, con mayor frecuencia; las que son poco nombradas para una misma frecuencia y aquella (o aquellas) que resultan la/s más importantes para una misma frecuencia.

Se establece entonces la relación rango vs frecuencia por la cual se agrupan las palabras que han sido citadas.

De esta manera se identifican las palabras centrales de la RS y para ello es necesario determinar los criterios con los que se construirá la tabla. Se fija en este caso entonces el criterio de **frecuencia mínima**, es decir el número de veces que se toma como mínimo de repetición de un dato. Por ejemplo, que la palabra aparezca 5 veces en determinada posición se considera como su frecuencia mínima de aparición.

El sistema establece también la **frecuencia media** que permite identificar cuál es el valor que se asigna a las palabras para considerarlas más frecuentes; en este caso se observa en la captura de pantalla que corresponde al valor 10. Y también se identifica el **rango medio** que indica la situación del dato respecto de cada cuadrante de la distribución. Por ejemplo en este caso se establece en 2,5.

Así es posible visualizar el gráfico “Posición vs. Frecuencia” mediante el cual se establece la relación entre la frecuencia con que es evocada cada palabra y la posición media en la cual aparece en la evocación.

Se puede observar que en la representación gráfica los datos aparecen distribuidos en 4 cuadrantes, para la primera evocación realizada con los estudiantes, con las siguientes características:

Options pour le programme TABRGFR

Fréquence Minimale

Fréquence Intermediaire

Rang moyen

Rang < 2,5

dos	13	1,077
mezcla	13	1,308
sustancias	14	1,500

Fréquence >= 10

Rang >= 2,5

color		2,909
explosi	Mot - Fréquence - Rang	3,000

Fréquence <= 5

elementos	7	1,837
-----------	---	-------

Fréquence < 9

Fréquence < 9

cambio	6	3,000
--------	---	-------

- En el primer cuadrante, situado arriba y a la izquierda, aparecen las palabras con mayor frecuencia de aparición en la evocación, que han sido citadas en los primeros rangos (frecuencia igual o mayor que 10 en un rango medio inferior a 2,5).
- En los cuadrantes segundo (situado arriba a la derecha) y tercero (situado abajo a la derecha) se incluyen las palabras que presentan contradicción entre el criterio de frecuencia y el rango. Es decir, en el segundo están las palabras que han sido citadas un alto número de veces (mayor que 9) pero relativamente ubicadas en las posiciones más alejadas (es decir, con un rango medio superior al promedio de 2,5); y en el tercero, están las palabras que han sido citadas un bajo número de veces (menor que 9) pero ubicadas en las posiciones más cercanas (rango medio inferior al promedio de 2,5).
- El último cuadrante, abajo a la izquierda contiene las palabras más periféricas. Es decir las que han sido menos citadas (menor frecuencia) y en las posiciones más alejadas de la media (rango mayor que 2,5).

### 7.1.2 Tablas de frecuencia:

A continuación podemos analizar los resultados obtenidos, que se expresan en tres columnas que corresponden, respectivamente, a las palabras, su frecuencia y su rango promedio para cada cuadrante.

Recordemos que la frecuencia mínima de repetición de las palabras se ha estimado en 5.

Así, podemos luego analizar los resultados que se obtienen agruparse por cuadrante, según se puede observar a continuación:

#### Primer cuadrante

<b>Dos</b>	<b>13</b>	<b>1,077</b>
<b>Mezcla</b>	<b>13</b>	<b>1,308</b>
<b>Sustancias</b>	<b>14</b>	<b>1,500</b>

#### Segundo cuadrante

<b>Color</b>	<b>11</b>	<b>2,909</b>
<b>Explosión</b>	<b>10</b>	<b>3,000</b>

#### Tercer cuadrante

<b>Cambio</b>	<b>6</b>	<b>3,000</b>
---------------	----------	--------------

#### Cuarto cuadrante

<b>Elementos</b>	<b>7</b>	<b>1,857</b>
------------------	----------	--------------

## 7.2 La RS de reacción química

Se puede decir que las palabras que aparecen en el primer cuadrante del gráfico que relaciona la posición de la palabra con su frecuencia al someter a los estudiantes a la evocación respecto del concepto de reacción química se corresponden íntimamente con el núcleo de la RS que ellos ostentan.

Entonces, analizando los términos que aparecen en los primeros lugares y que más frecuentemente son citadas (frecuencia mayor o igual que 10) se puede comenzar a esbozar el significado central atribuido por los estudiantes a las reacciones químicas.

En este caso es interesante notar, como se analizará más adelante, que las palabras citadas en este cuadrante pertenecen mayoritariamente a la dimensión cotidiana y macroscópica del proceso: **dos, mezcla, sustancias**. Como una primera interpretación, se podría considerar que, en realidad, los estudiantes hacen referencia a la necesidad de *mezclar*, poner en contacto (dos o mas reactivos) para que la reacción ocurra. Esta interpretación confirma la presunción esbozada durante una investigación preliminar previa (Lacolla, 2010) que recurría al mismo tipo de evocación, en la cual además de encontrarse la palabra *mezcla* en los primeros puestos era acompañada por otras tales como *unión, dos o más*. De este modo se ratifica la interpretación dada, que también se evidencia en la representación gestual que suelen realizar los estudiantes cuando se los interroga respecto de lo que se entiende por reacción química: suelen parodiar la mezcla de dos líquidos, uno sobre el otro.

En definitiva, la RS que poseen los estudiantes se fundamenta sobre la idea de mezclar, poner en contacto dos o más sustancias como condición imprescindible para que se produzca una reacción química.

Podemos ver a continuación algunos de los registros escritos por los alumnos:

Pienso que una reacción química, es cuando mezclamos dos compuestos químicos y produce algo, puede llegar a ser una explosión, o brillo, o una chispa...

Reacción química me suena a la mezcla de sustancias, (que cambie, de color, explote o haga burbujas).

se mezclan compuestos químicos y provoca una explosión catástrofe.

En principio se puede decir que en esta evocación, los términos que son candidatos al núcleo central pertenecen al ámbito **cotidiano** y contribuyen a que la representación que los estudiantes poseen acerca de las reacciones químicas esté fuertemente ligada a lo **perceptivo y al lenguaje coloquial**.

En el núcleo del concepto de *reacción química* se infiere que aparece el lenguaje **cotidiano** y que además la suma, la adición, la unión y el contacto aparecen como un criterio imprescindible para este concepto, tal como si fuera el eje central de la representación.

Se puede destacar también que en las respuestas seleccionadas se encuentra referencia a otros aspectos macroscópicos tales como *explosión* y otras posibles evidencias de una reacción química, que luego aparecen también citadas en otras posiciones de la relación rango/frecuencia como veremos a continuación.

En los otros cuadrantes comienzan a aparecer conceptos que completan la conformación de la representación. Por ejemplo, en el segundo cuadrante se sitúan dos de las referencias macroscópicas que más han sido citadas en las evocaciones: *color* y *explosión*.

El término **explosión** no resulta ajeno, tal como se ha demostrado en el Capítulo 6, a las RS que se generan por la circulación del sentido que las crónicas le asignan a las reacciones químicas. También aparece este término en la constitución que los individuos de esta sociedad poseen respecto de las reacciones químicas, como ya ha sido analizado anteriormente.

En cuanto al término **color**, cabe destacar que en las respuestas de algunos estudiantes que hacen referencia a dicha palabra, ésta aparece como signo evidente de la producción de una reacción, del mismo modo en que otros se refieren al humo, el brillo o chispas y las burbujas.

Se percibe que los estudiantes con los términos citados, en general, remiten a evidencias macroscópicas del desarrollo de una reacción química, tal como ellos se las imaginan. Es decir, entre estas referencias se encuentran las señales a las cuales se suelen referir ellos mismos en el momento de hablar de una reacción química.

Cabe destacar que la investigación preliminar llevada a cabo con los estudiantes del año 2010 mostraba una configuración similar, en la cual aparecían también *explosión* y *color* entre los términos más citados.

Entre los elementos periféricos más cercanos aparece además una referencia que puede ser asociada también con lo perceptivo (o sea referencias de orden **macroscópicas**). Se trata de la palabra **cambio**, que se asume representativa de una de las conexiones más fuertes que los alumnos establecen con su criterio de reacción química: la visión de **señales** que la hacen **evidente**, tal como se ha mencionado, preferentemente explosiones, humo, colores llamativos. Es decir que se espera que exista una evidencia, un *cambio* visible asociado con la reacción química.

Las palabras que aparecen en el tercer cuadrante, para algunos investigadores (Santana y Chaves Maia, 2009) representan la interface entre el núcleo y la realidad, garantizando el anclaje de la RS en la realidad del momento.

En este caso, en el cuarto cuadrante se ubica una palabra que pertenece al ámbito de la química escolar: **elementos**. Aunque en la vida cotidiana la palabra elemento se suele utilizar con cierta ambigüedad, reemplazando a objetos o componentes, se postula que la aparición de este término en esta evocación se relaciona con el esbozo de adquisición del vocabulario químico. Se podría entender este hecho ya que la evocación ha sido realizada dentro del ámbito académico, más estrictamente el ámbito de la asignatura Química por lo cual los estudiantes intentan insertar vocablos relacionados con la misma.

Si esto es así, se puede afirmar que este término de gran frecuencia de citado en la zona periférica, se puede encuadrar como relacionado con el nivel sub micro y por lo tanto, con las teorías químicas surgidas en el ámbito escolar. Sin embargo y dado que no hay otros indicios que permitan suponer que realmente se puede hablar, en este momento, de la existencia de modelos con mayor proporción de componentes científicos, se presupone que sólo se trata de la demostración de la adquisición meramente proposicional de estos términos (Greca y Moreira 2002)

Los resultados de la primera evocación permiten considerar que, tal como se suponía, los estudiantes están lejos de ser una *tábula rasa* respecto del tema de estudio y en cambio, poseen una representación compartida de lo que entienden por reacción química.

El significado que los estudiantes dan a este concepto se considera forma parte de una representación que ha sido constituida a partir de la información recibida y transmitida por tradiciones, educación y la comunicación social entre otras fuentes.

El núcleo de la misma se sitúa en la necesidad del contacto entre sustancias mientras que su cinturón periférico más cercano agrupa los términos *color* y *explosión*, pudiendo entenderse que ambas referencias se anclan también en el nivel Macroscópico.

Se constituye así la constitución de la RS que los estudiantes traen al aula, concordante en gran parte con las características que habían sido detectadas en las RS de otros miembros de la sociedad y también en la

información que circula por medio de las noticias periodísticas, según se presentara en el Capítulo 6.

Por lo tanto, en este caso, se puede afirmar que tanto en el núcleo como en el entorno más cercano de la RS de estos estudiantes aparecen aspectos contruidos sobre lo **perceptivo** y también aportados por la difusión pública del discurso y la RS que sobre el tema se ha establecido en el medio social en el cual habitan.

### 7.3 ¿Qué camino recorren las RS de los estudiantes?

Si la primera representación de los estudiantes sobre los cambios químicos surgida en la primera evocación, contribuye a la construcción de un modelo de sentido común que les permite dar explicación a los fenómenos químicos, se hace menester analizar cuál será la tendencia esperable en cuanto a la conformación de modelos posteriores a la instrucción.

La premisa inicial fue que en la segunda etapa, al volver a interrogarlos mediante la técnica de evocación al finalizar la aplicación del Módulo, aparecería una tendencia detectable en los mismos estudiantes a recurrir a modelos más científicos para describir lo que entienden por cambio químico.

Algunas diferencias entre estas dos miradas sobre el mundo ya han sido abordadas en el capítulo 2. Aquí se plantea un cuadro comparativo:

<b>Dimensión</b> Modelo de sentido común	<b>Dimensión</b> Modelo científico
Reacción entendida como ' <i>estado</i> '	Reacción entendida como ' <i>proceso</i> '
Transformaciones sin conexión	Interacciones dentro de un ' <i>sistema</i> '
Atención centrada sólo en las propiedades y cambios a nivel macroscópico	Percepción de la existencia de un cambio pero con explicación basada en otros niveles de representación
Causalidad lineal	Causalidad compleja
Comunicacional: descriptivo	Comunicacional: explicativo
Enfoque unidireccional	Enfoque Holístico

La secuencia que se podría considerar ideal de conformación del concepto de cambio químico podría enunciarse por el siguiente recorrido:

En principio el sentido común sólo permite entender una reacción química dentro de un modelo que la configura como un *estado*, un hecho instantáneo, el cual se revela por algunas propiedades observables y cuya causalidad es lineal: una causa produce el efecto observado.

En este primer momento sólo se podría hacer una descripción de los hechos observables evidentes a través de los estados iniciales y finales, los cuales guardan pocas conexiones entre sí.

Además se confieren a este concepto características que surgen de la representación que socialmente se comparte respecto de los que implica una reacción química.

El objetivo a alcanzar a través del trabajo áulico se puede sintetizar en lograr que los cambios químicos pudieran comprenderse a la manera de un *proceso*, al adquirir una dimensión holística en el enfoque que permita la explicación del mismo a través de las múltiples relaciones que envuelve.

De esta manera será posible llegar a la concepción de un *sistema*, en el cual existen interacciones de partículas, las cuales permanecen aunque puedan romperse ciertas uniones y establecerse otras, lo cual permitirá la construcción del concepto de cambio químico.

Con la aplicación del Módulo que ha sido elaborado para este fin, se comienza a recorrer el camino hacia un nivel de comprensión mayor del concepto de cambio químico, tal como lo plantea Borsese (1997). O también, según lo expresa Johnstone (2010), complementando en la enseñanza el nivel macro, mediante el apoyo de los niveles submicroscópico y simbólico o representativo.

Para analizar la modificación que pudiera haberse producido en la RS se procesan a continuación los datos recogidos con la segunda evocación que se llevó a cabo con los estudiantes, una vez completado al Módulo relativo al tema.

Los resultados obtenidos se agrupan nuevamente en cuadrantes, que se aprecian a continuación:

#### Primer cuadrante

<b>Cambio</b>	<b>19</b>	<b>2,053</b>
<b>Proceso</b>	<b>17</b>	<b>2,176</b>

#### Segundo cuadrante

<b>Productos</b>	<b>16</b>	<b>2,750</b>
------------------	-----------	--------------

#### Tercer cuadrante

<b>Dos</b>	<b>7</b>	<b>3,000</b>
<b>Elementos</b>	<b>6</b>	<b>1,500</b>
<b>Reacción</b>	<b>7</b>	<b>1,714</b>
<b>Reactivos</b>	<b>5</b>	<b>1,800</b>
<b>Sustancias</b>	<b>7</b>	<b>1,143</b>
<b>Transformación</b>	<b>6</b>	<b>2,000</b>

#### Cuarto cuadrante

<b>Diferente</b>	<b>6</b>	<b>3,500</b>
<b>Diferentes</b>	<b>7</b>	<b>2,571</b>
<b>Propiedades</b>	<b>7</b>	<b>2,714</b>

A simple vista se puede advertir que el núcleo de la RS ha sufrido una gran transformación. En tal sentido se advierte que las palabras que ocupan el corazón de la RS, de acuerdo con su ubicación en el primer cuadrante, ahora son *cambio* y *proceso*. En tanto que en el primer cinturón se hace presente la concepción de *productos*.

Si consideramos la constitución de la representación con base en estos conceptos evocados podemos notar que la RS que se ha construido relaciona ahora los cambios químicos mucho más con un proceso que con propiedades observables, tal como se los interpretaba de manera inicial.

En estas palabras principales se han perdido casi por completo las referencias macroscópicas, apareciendo en cambio términos mucho más relacionados con las teorías escolares y con los aspectos submicroscópicos. En principio se observa que se han dejado de lado, constituyentes de la RS originales tales como *explosión, color, ruido, humo*, etc. habiendo en cambio referencias a términos mucho más abstractos. Esta modificación podría indicar al menos el esbozo de construcción de un modelo escolar respecto de este concepto.

En tanto, entre los elementos de contraste de la RS que aparecen en los otros cuadrantes se puede apreciar que comienzan a surgir palabras que indican la adquisición de un mayor vocabulario químico, tales como *reactivos, productos*, etc. También se reafirma el concepto de cambio, que ahora se remite al término *transformación* que aparece como una palabra muy citada.

#### **7.4 Otros indicadores de la conformación del concepto de cambio químico**

Se ha recurrido también a otros indicadores que muestran el camino que van recorriendo los estudiantes durante el proceso de conformación del concepto de cambio químico, dentro de las actividades que se plantearon en el Módulo.

En el comienzo de la indagación se propusieron diferentes situaciones problemáticas con el objetivo de detectar el modelo de sentido común al que los estudiantes recurren inicialmente para dar explicación a las reacciones químicas que se analizan en clase.

Entre estas actividades, la oxidación de una cinta de magnesio resultó una experiencia muy llamativa que permitió posteriormente consultar a los estudiantes sobre la masa del producto obtenido, de manera similar a la ya citada investigación planteada por Driver. Esta experiencia se llevó a cabo

de manera demostrativa en el aula, por parte del profesor, aunque su inserción se contextualizó en relación con su uso décadas atrás a modo de flash por parte de los fotógrafos (ver Módulo, actividad n° 4).

Tal como se puede leer en el detalle de la experiencia, en primer lugar se solicitó a los alumnos que realizaran la descripción física del aspecto y propiedades del trozo de magnesio. Se pretendió así poner el acento en las propiedades físicas de las sustancias en relación con su entidad química, retomando de esta manera conceptos ya estudiados anteriormente tales como propiedades intensivas y extensivas de la materia.

Se acercó posteriormente una llama a la pequeña lámina de magnesio y se les pidió que también describieran el aspecto de la ceniza obtenida después de la reacción. El punto central de la experiencia se basó en la pregunta formulada a los estudiantes acerca del peso comparativo de la ceniza resultante respecto a la lámina primitiva.

Las respuestas que inicialmente los alumnos dan a las preguntas de la Actividad 4 muestran, tal como ha sido detectado en otras investigaciones ya citadas, que los estudiantes recurren primeramente a sus conocimientos de sentido común y sus percepciones para resolver las situaciones planteadas.

Ante la pregunta: *¿la sustancia que ahora tenemos, será más pesada, más liviana o pesará igual que la cinta antes de la reacción?*, un alto porcentaje de estudiantes explican que la ceniza obtenida por la calcinación del magnesio será más liviana que la cinta original. Los resultados concretos de la predicción que formularon los alumnos fueron los siguientes:

- Grupo cuarto, primera división:

- El 52% afirmó que la masa resultante sería menor.
- El 26 % predijo que la sustancia resultante pesaría más.
- El 22 % dijo que la masa sería la misma.

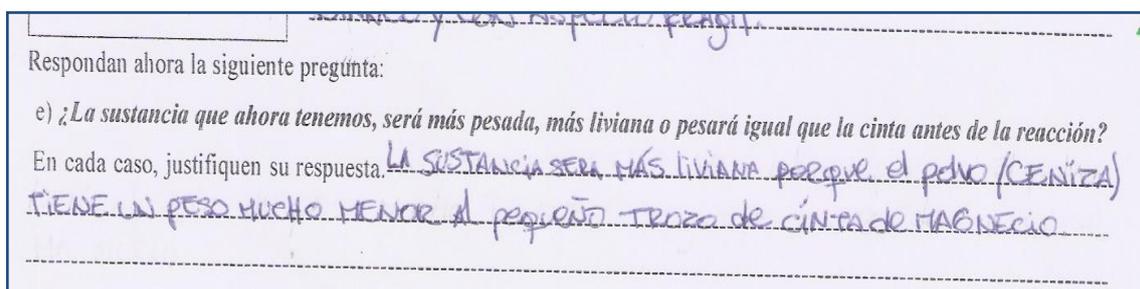
- Grupo cuarto, segunda división:

- El 74% afirmó que la masa resultante sería menor.
- Ninguno de los estudiantes dijo que la sustancia resultante pesaría más.

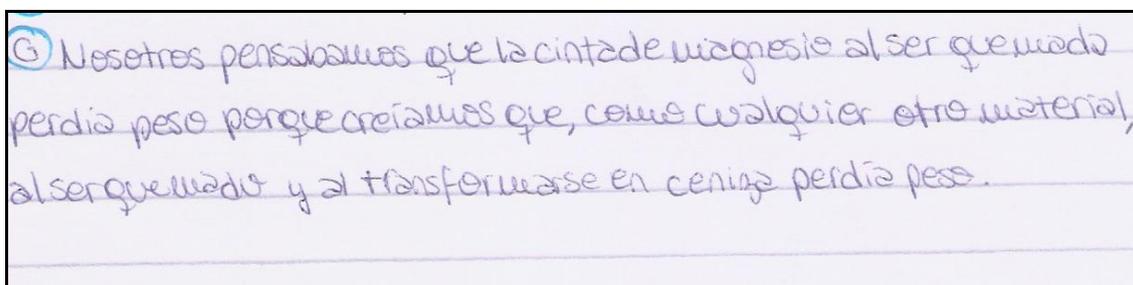
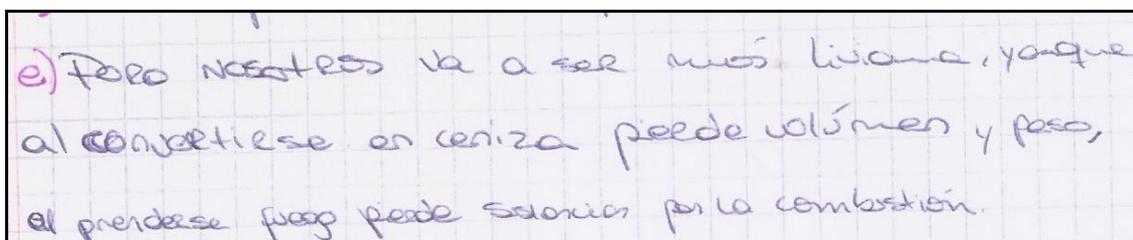
- El 23 % afirmó que la masa sería la misma.

La discusión es guiada por el docente, pero los alumnos en una gran mayoría están convencidos de que las cenizas son más livianas, lo cual es coherente con lo detectado en otras investigaciones ya citadas respecto de la influencia de las características perceptivas de este tipo de sólidos finamente divididos.

Algunas de sus respuestas fueron del tipo:



Consideran, en su mayoría, que un polvo tiene menor masa que un sólido. Pero también recurren a la visión prototípica de la combustión cuando afirman que hay sustancias que se despenden durante la misma:



Tal como se había detectado en otras investigaciones ya citadas y de manera coincidente a los resultados de nuestra investigación preliminar

con otro grupo de alumnos (Lacolla, 2010<sup>10</sup>), se evidencia que los estudiantes sólo se remiten a sus percepciones para resolver una pregunta como la planteada, por lo cual las actividades posteriores desarrolladas en el módulo buscan poner en evidencia ante sus ojos algunas características no perceptibles de las reacciones químicas.

Cabe destacar además que, en este ejemplo en particular, se apeló a una de las múltiples reacciones que involucran gases en su proceso, ya que también las investigaciones han demostrado que los alumnos no suelen tener en cuenta, como reactivos o productos de una reacción a sustancias gaseosas como el oxígeno cuya presencia resulta “invisible” ante sus ojos.

Es necesario destacar que, desde el comienzo mismo del Módulo, se introdujo la necesidad de tener en cuenta al oxígeno como parte activa de muchas reacciones, mediante una serie de reflexiones por medio de las cuales se buscó también enfatizar la estrecha relación que estableció el hombre con una reacción química como la combustión desde tiempos inmemoriales.

Sin embargo y pese a las lecturas previamente abordadas, es evidente que los estudiantes se remiten a sus concepciones más arraigadas; quizás deberíamos decir como Pozo (2001) a sus concepciones más *encarnadas* en el momento de responder acerca del peso de las cenizas, dejando nuevamente de lado la presencia del oxígeno como parte indispensable del proceso.

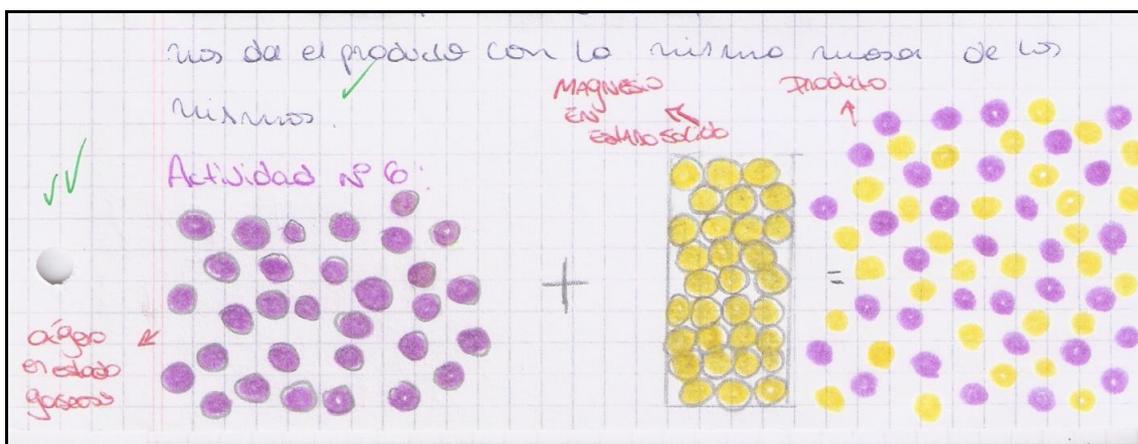
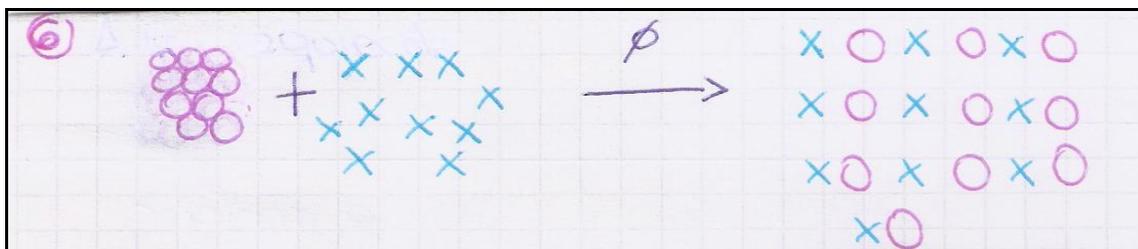
Para seguir profundizando sobre las sustancias que han tomado parte de la reacción que han visto, se vuelve a trabajar sobre el papel que juega el oxígeno en las combustiones (ver Módulo, actividad n°5), y posteriormente se solicita a los estudiantes que, trabajando en grupos, simbolicen sobre el papel la reacción mediante la elección de figuras o signos que les permitan representar las partículas que imaginan están involucradas.

Podemos ver algunas de las respuestas que han elaborado a dicha consigna de imaginar cómo han ocurrido las cosas a nivel partículas. Así

---

<sup>10</sup> Los resultados fueron que cerca del 60% predijo que **la masa de la ceniza sería menor**. Un 25% afirmó que pesaría igual y no respondió el 15% restante.

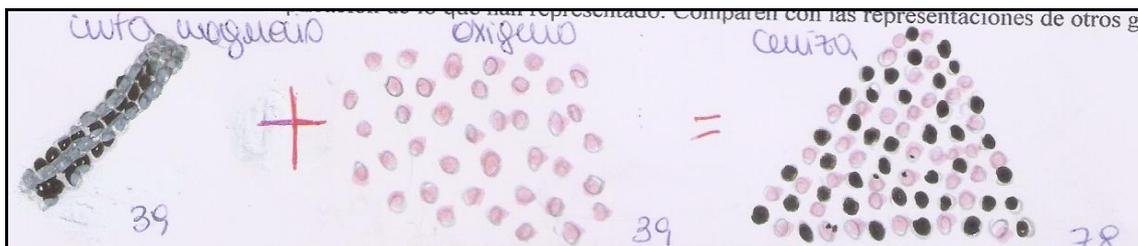
son capaces de representar las reacciones de manera idiosincrásica, según podemos observar:



Cabe destacar que en las representaciones de los alumnos se advierte un estilo daltoniano, ya que la mayoría (por no decir que fueron todos ellos) representan al oxígeno de manera monoatómica, pese a haber ya estudiado el carácter diatómico de éste y otros gases durante el abordaje de la Tabla Periódica.

Se puede también notar que los estudiantes apelan a diferentes simbolismos, que ellos han propuesto, para representar los corpúsculos que imaginan como reactivos y productos. Sin embargo, en general, recurren en sus representaciones al modelo de partículas que alguna vez han utilizado al estudiar los estados de la materia y sus cambios, pese a tener la libertad de elegir el modo de representar los átomos.

También se observa que sus representaciones se constituyen con una sumatoria de aspectos macroscópicos y submicroscópicos (Johnstone op cit) aunque también aparecen estados intermedios (Galagovsky y otros, 2003) en los cuales se integran características observables con aspectos representacionales propios de la Química



En la figura anterior se puede notar que la representación del metal y de la ceniza integran aspectos macroscópicos con maneras de representar las partículas que constituyen a las sustancias intervinientes en la reacción.

Los alumnos no muestran dificultades a la hora de resolver las siguientes actividades del Módulo. En principio les resultan extrañas algunas situaciones planteadas tales como la analogía n° 6 pero pronto “captan” el sentido de dichos ejercicios y se divierten resolviéndolos y transfiriendo lo aprendido a otras situaciones “más químicas”. De esta manera logran recorrer un camino que los lleva con naturalidad a la escritura de las ecuaciones químicas entendidas como una manera de simbolizar las reacciones.

Como se ha dicho en los fundamentos del Módulo y ahora se transcribe: Se considera positivo el hecho de poder construir una interfase entre el lenguaje cotidiano y la ecuación química, como expresión de una reacción dada. De esta manera se logra una transición gradual que atraviesa diferentes representaciones idiosincrásicas para que los alumnos vivencien la necesidad de acuerdos. El objetivo logrado es la escritura de ecuaciones con sentido, es decir que resultan significativas para el alumno.

Las respuestas a las diferentes actividades propuestas permiten que los estudiantes puedan comenzar a construir, paso a paso, un primer esbozo de la representación de una ecuación química en la cual se figura un estado inicial (reactivos) y un estado final (productos). Se postula que estas aproximaciones parciales los ayudan a entender el sentido de las ecuaciones, que generalmente se abordan en las aulas de manera poco reflexiva y mediante un formato automatizado. Las actividades también los ayudan a interpretar las reacciones químicas con un enfoque más integral o sistémico.

Posteriormente, les resulta posible escribir por primera vez la ecuación química que representa la reacción del magnesio que han presenciado, recurriendo al uso de los símbolos químicos correspondientes.

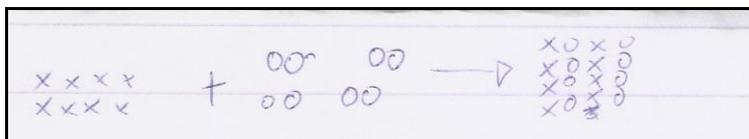
Casi no aparecen dificultades en este momento, aunque como se ha planteado, es su primera aproximación a esta técnica. Recordemos que los estudiantes ya sabían escribir fórmulas químicas utilizando el estado de oxidación y que se los apoyó en la escritura de la ecuación mediante un esquema del tipo:

Reactivos → Productos

Las representaciones en el nivel simbólico les resultan ahora simples, ya que se apoyan en las representaciones gráficas realizadas anteriormente para escribir las ecuaciones.

Sólo requieren ayuda para simbolizar el oxígeno como una molécula diatómica, que, tal como se ve en sus primeras representaciones gráficas, no lo habían considerado así.

Por ello, se les pidió en tal sentido, que revisaran las representaciones gráficas que habían realizado anteriormente y que las analizaran de nuevo para ver si podían lograr que fueran más adecuadas; presentan entonces representaciones tales como:



Se puede advertir que ahora son capaces de simbolizar al oxígeno como una molécula diatómica.

Una vez que han reflexionado sobre el concepto de reacción química y que han logrado representar las reacciones de diferentes maneras, discutiendo cuáles han sido los reactivos y productos y escribiendo en sus cuadernos las ecuaciones correspondientes, son capaces de entender lo que ocurre

durante la oxidación de los metales y de predecir efectivamente lo que ocurre con el peso de la ceniza del magnesio.

Puede decirse que los estudiantes comienzan a construir un campo conceptual del cambio químico más cercano al de las explicaciones científicas, por medio de las actividades que han sido planteadas. Han logrado comenzar a superar sus propios escollos originados por la percepción y por las representaciones de origen social.

Resulta interesante el recorrido por las reflexiones surgidas por parte de los mismos estudiantes, después de analizar las experiencias de Lavoisier respecto de la calcinación de los metales y la Ley que posteriormente enunció. La gran mayoría de ellos logró establecer una metacognición sobre sus propias ideas previas, y reconocer el papel del oxígeno en la calcinación. Podemos así leer estas respuestas:

Discutan y luego expliquen porqué muchos de ustedes pensaron que la ceniza de Magnesio de la experiencia que hicimos (en realidad óxido de Magnesio) era menos pesada que la cinta original, o bien que pesaba lo mismo que la cinta original:

yo pensaba que pesaba menos porque la ceniza es más liviana

hicimos (en realidad óxido de magnesio) era menos pesada que la cinta original, o bien que pesaba lo mismo que la cinta original:

pensábamos que el peso había sido cambiado por uno menor porque por momentos estos pesados de salud

Discutan y luego expliquen porqué muchos de ustedes pensaron que la ceniza de Magnesio de la experiencia que hicimos (en realidad óxido de Magnesio) era menos pesada que la cinta original, o bien que pesaba lo mismo que la cinta original:

Para mí pesaba lo mismo porque me parecía que hubieron cambiado los componentes, más allá de los cambios físicos, me supuse que algo de alguna sustancia influye.

La reflexión que sobre sus propias respuestas iniciales se propone en la Actividad n° 5, en relación con el peso de las cenizas, permite en parte evidenciar la evolución que van sufriendo sus ideas.

Esto muestra una vez más que es necesario que nuestros alumnos tengan oportunidad de construir gradualmente las relaciones existentes entre las diferentes maneras de representación que se asumen equivalentes en Química y cuyas relaciones nos resultan tan evidentes sólo a los expertos y docentes.

La actividad n° 12 se plantea como una tarea para ser resuelta en el hogar, con la posterior discusión en clase. Los alumnos en su mayoría recurren al profesor de Biología para que les recuerde el método de reconocimiento del  $\text{CO}_2$  que ya habían visto previamente. Otros recurren a los textos y muchos a Internet para tratar de responder los interrogantes planteados. Principalmente se hace necesario destacar la participación de los grupos en las discusiones diseñadas respecto de la necesidad de la detección de reactivos y/o productos que no podemos percibir mediante nuestros sentidos y los métodos apropiados para hacerlo.

Los estudiantes consultan con el profesor y el ayudante de laboratorio sus diseños antes de ponerlos en práctica, ya que no acuerdan en la manera de poner en contacto la sustancia formada ( $\text{CO}_2$ ) con el agua de cal que se les ha suministrado.

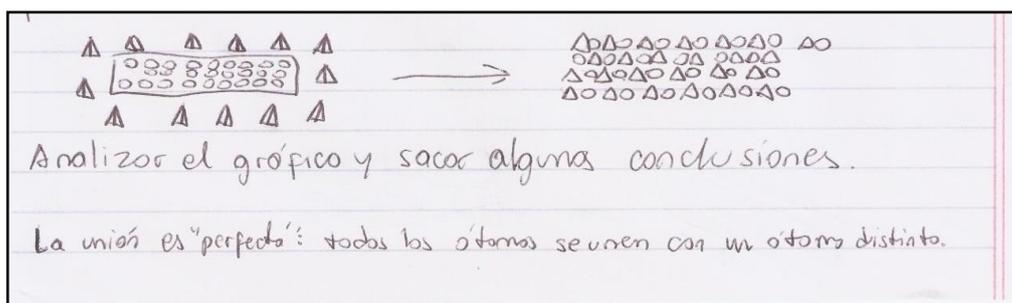
Finalmente se ponen a prueba los diseños y se discuten los resultados. En sus informes incluyen fotos de los dispositivos que han armado y posteriormente argumentan ante sus compañeros algunas de sus conclusiones.

Como se puede notar, con la secuencia de actividades propuesta se va edificando un andamiaje que los ayuda a construir el concepto de cambio químico que les será útil para interpretar experiencias escolares como las planteadas. Es de esperar que también puedan recurrir al modelo que comienzan a esbozar para dar explicaciones y hacer predicciones sobre situaciones diferentes de la vida cotidiana.

Se puede concluir que el análisis de las diferentes producciones de los estudiantes podemos inferir la manera en que ellos imaginan que se han producido las uniones entre los átomos, tomando como ejemplo el caso de la calcinación de la cinta de magnesio. También se evidencia que han sido

capaces de detectar la necesidad del gas oxígeno como componente esencial de la reacción, lo cual había sido detectado como una falencia habitual en los estudiantes.

A modo de muestra, se toma la siguiente representación gráfica de una alumna del año 2010, quien reflexiona ante sus respuestas previas y “descubre” la composición de la ceniza obtenida:



La actividad n° 13 se propone como una reflexión sobre el camino recorrido, la cual les permite tomar conciencia de los avances que han logrado en la construcción del campo conceptual.

También se retoman conceptos ya estudiados, para relacionarlos con los nuevos conceptos. Por ejemplo, en base a la clasificación de los óxidos (que ya conocían) y teniendo en cuenta las propiedades de los compuestos iónicos y sus diferencias con los covalentes (que ya habían sido estudiadas), se proponen actividades que son resueltas de manera significativa por la mayor parte de los estudiantes.

De igual forma se otorga sentido a la escritura de fórmulas mediante el uso de los números de oxidación, para completar las ecuaciones que se les solicita escribir. Estas producciones pueden analizarse en el siguiente apartado.

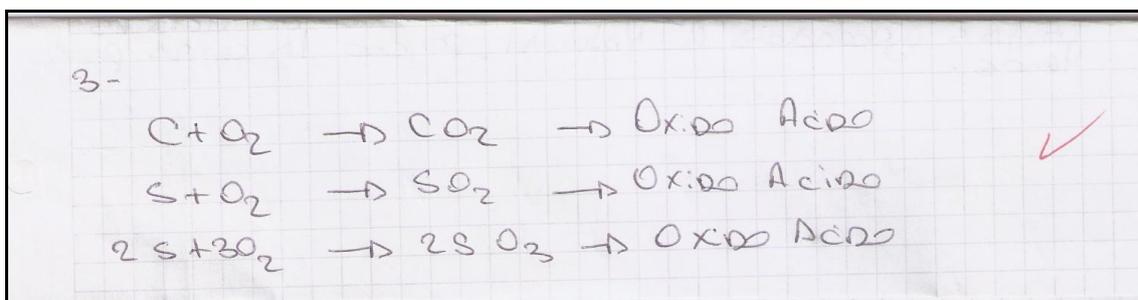
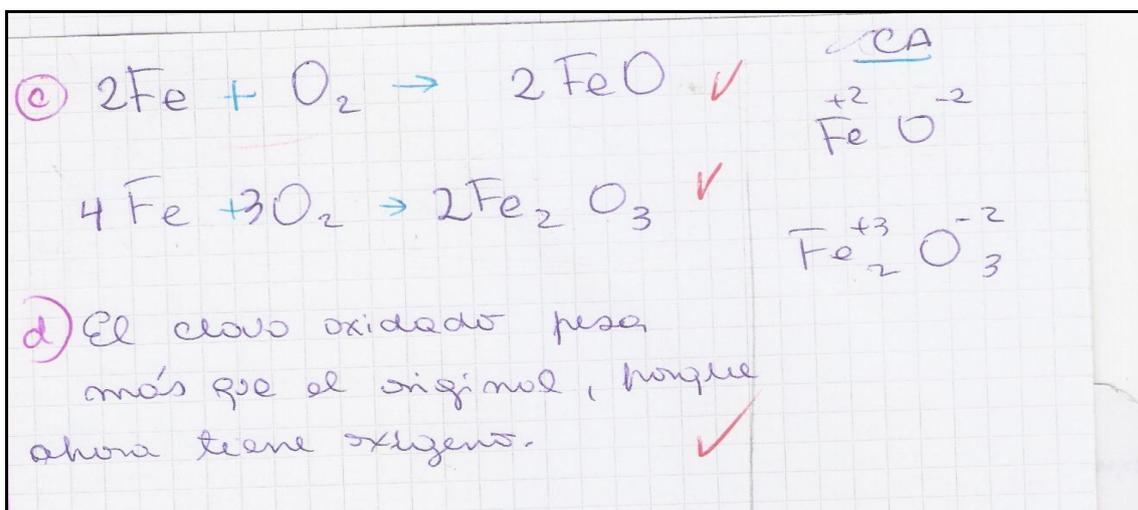
#### 7.4.1 Actividades de cierre.

Finalmente se plantean otras actividades que permiten poner en evidencia el modelo al cual los estudiantes son capaces de recurrir en el momento de resolverlas.

Entre dichas situaciones problemáticas se les solicita, por ejemplo, el análisis de lo que le ocurre a un clavo de hierro cuando se deja a la intemperie. Y también lo que ocurre al quemar una barra de azufre.

En ambos casos se pide que indiquen las ecuaciones que representan estas reacciones y que señalen diferencias entre ambos procesos.

Algunas respuestas son las siguientes:



En los dos ejemplos precedentes, se puede ver cómo son capaces de relacionar la escritura de fórmulas de sustancias recurriendo a los estados de oxidación (que ya manejaban) con las ecuaciones de obtención de dichos compuestos. Esta relación surge de manera natural, sin recurrir a algoritmos memorísticos.

Las actividades contribuyen a la construcción del concepto y también les permiten dar sentido a las ecuaciones como una manera de representar las

reacciones químicas. Como se ha manifestado, habitualmente en las aulas se suele otorgar poca importancia a estos aspectos de comprensión y en cambio se insiste mucho más en la escritura de numerosas ecuaciones y su igualación mecánica que poco ayudan a la construcción del modelo esperado.

A continuación podemos leer algunas de las respuestas que han dado los estudiantes a la consigna que los llevaba a reflexionar sobre las similitudes y diferencias que encuentran entre la combustión y la oxidación de los metales.

Especialmente se hizo hincapié en los diferentes pesos o masas que presentan los restos de cada tipo de reacción y se los consultó al respecto. Los resultados son altamente positivos:

7. El metal cuando se oxida, está añadiendo oxígeno, por lo tanto el peso inicial es el del metal y el peso final es del óxido del metal en combinación. Una madera se quemaba, curiosamente está siendo oxidada por oxígeno pero es materia orgánica (tiene carbono) y el producto final es el dióxido de carbono, es un gas y abandona el material, pero la ceniza pesa menos.

con el oxígeno gaseoso

7. El metal (supongamos que es Hierro) ~~es~~ una unión iónica, así que a temperatura ambiente, ~~el hierro~~ <sup>el hierro</sup> ~~pesa~~ más por que a su estructura se suma o reduce el peso del oxígeno y, en cambio el Carbono o azufre, al ser no metálicos, forman una unión covalente y se encuentran en estado gaseoso por ende, pesamos por que el oxígeno se pierden.

Los diferentes ítems que van recorriendo los alumnos les permiten integrar los aspectos estudiados respecto de los distintos tipos de compuestos

químicos y sus propiedades observables. De esta manera pueden integrar la oxidación y la combustión como ejemplos de un mismo tipo de proceso, analizando similitudes y diferencias.

Un Metal con el oxígeno se oxida porque está añadiendo átomos de oxígeno, por lo tanto el peso inicial es del metal y el peso final es del óxido del metal. ✓

Cuando una madera se quema también está siendo oxidada por el oxígeno pero es materia orgánica tiene coque y produce dióxido de carbono que a diferencia del óxido del metal es un gas y abandona el material, por eso la ceniza pesa menos. ✓

2) El hierro del clavo reacciona con el oxígeno, dando de resultado a la oxidación. ✓

3)  $2\text{FeO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{FeO}$  ✓

$4\text{Fe} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3$  ✓

CA.  
 $\text{Fe}^{2+} \text{O}^{-2} = \text{FeO}$   
 $\text{Fe}^{3+} \text{O}^{-2} = \text{Fe}_2\text{O}_3$

4) Pesa más ya que aparte de tener hierro esto compuesto también por el oxígeno.

7) Un metal al combinarse con el oxígeno (y clavo oxidado) pesa más por sus óxidos adheridos al metal a diferencia de un carbono o azufre quemado que libera gases y no pertenecen más a él, por lo tanto le resta peso.

Además, el oxígeno y el metal hacen una unión iónica y el carbono o azufre pesa menos porque es una unión covalente.

Es necesario reflexionar en este momento sobre el camino que han recorrido los modelos de sentido común al que los estudiantes habían recurrido al iniciar sus estudios (al comienzo del Módulo) y el modelo más

cercano al conocimiento científico escolar válido que ahora utilizan. Para ello intentaremos resumir en un cuadro algunas características relevantes de ambos.

<b>Categorías</b>	<b>Evidencias</b>	<b>Modelo de sentido común</b>	<b>Modelo científico escolar</b>
Realizan explicaciones basadas en sus percepciones.	Suponen que la ceniza será más liviana que el metal	✓	---
Muestran la influencia de las Representaciones Sociales para caracterizar una reacción química.	Esperan que una reacción sea explosiva y tenga otras características muy evidentes de su ocurrencia	✓	---
Confunden lo que observan con el modelo que se utiliza para explicar el hecho.	Representan sólo aspectos macroscópicos, o bien mixtos de la reacción vista.	✓	---
Reconocen el papel de los gases en las reacciones químicas que observan.	Nombran al oxígeno como reactivo o al CO <sub>2</sub> como producto de la reacción.	---	✓
Encuentran relación entre una situación de la vida cotidiana y las teorías estudiadas en clase.	“Descubren” lo que le ha ocurrido a un clavo de hierro al oxidarse.	---	✓
Son capaces de representar una reacción (que han llevado a cabo o no) mediante una ecuación.	Escriben la ecuación de oxidación del magnesio tanto como la del azufre.	---	✓
Relacionan las propiedades con la estructura de los compuestos.	Predicen aspectos y propiedades de algunos productos de reacción tales como los óxidos del azufre y del hierro.	---	✓

Tabla 7.1 Diferencias entre modelo de sentido común y científico escolar.

Como se puede apreciar, la resolución de las situaciones problemáticas planteadas al finalizar el Módulo difícilmente se puede lograr recurriendo a conocimientos de tipo memorístico, ya que son cuestiones diferentes a las que se han ido resolviendo a lo largo de las actividades previas y combinan distintos tipos de saberes.

En este caso, además, los cuestionamientos presentan mayor complejidad y para responderlas deben remitirse a un modelo de cambio químico que tenga en cuenta factores que inicialmente no consideraban. Por ejemplo, se puede notar, tal como fuera detectado en el análisis de la RS, que ya no se limitan a los aspectos meramente perceptivos en sus explicaciones. Es decir, la RS que configuraba inicialmente una reacción química en base principalmente a evidencias relacionadas con las de una explosión, comienza a ser reemplazada por otra RS cuyas características analizaremos a continuación. Y además, esta modificación ocurre de manera simultánea con el comienzo de construcción del concepto escolar que pretendemos enseñar.

Cabe destacarse también que los aspectos sociales nunca fueron dejados de lado a lo largo de las actividades del Módulo y que se retoman en diferentes momentos. Entre éstos puede citarse el abordaje histórico de la relación del hombre primitivo con un tipo especial de reacción: la combustión, o bien la mirada epistemológica que surge cuando se plantean las encontradas visiones flogisto-oxígeno como modos de explicar un mismo proceso químico.

El compromiso social también es tenido en cuenta durante el desarrollo temático, por ejemplo al analizar la contaminación atmosférica que producen los gases desprendidos por los vehículos de combustión a diario. Y además se asumen visiones relativas a la relevancia social de este tipo de reacciones cuando se las relaciona con los combustibles o con las precauciones a tener cuando se calefaccionan ambientes cerrados.

Entre otras actividades planteadas encontramos una que permite analizar el desempeño de los estudiantes respecto del cambio de masa de los reactivos y productos de una reacción. Esta situación problemática, diferente de la que fuera planteada inicialmente, permitió comparar las predicciones de los jóvenes en relación con la masa producida por la oxidación de una esponja de hierro:

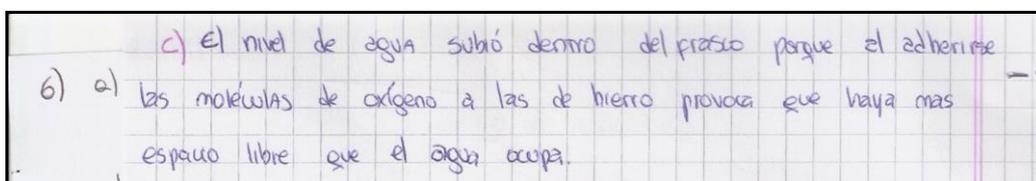
Se pegó una esponja de acero (virulana) en el fondo de un frasco y éste se colocó invertido sobre un plato con agua. Al cabo de unos días se observó que:



- a) La esponja está "oxidada" (de color marrón oscuro). Explicar por qué y escribir la correspondiente ecuación.
- b) El nivel del agua subió dentro del frasco. ¿Por qué?
- c) La esponja ¿pesará igual, más o menos que al comienzo? ¿Por qué?

Los jóvenes no presentaron dificultad en la resolución de la primera pregunta y en la escritura de la correspondiente ecuación. Un gran número de ellos fue capaz de deducir que podían escribir dos ecuaciones, utilizando los diferentes números de oxidación. La mayor dificultad la presentaron en el momento de igualar las ecuaciones, pero ese punto no estaba contemplado para la corrección del ejercicio.

Respecto de la pregunta b) los resultados no fueron tan positivos, ya que muy pocos alumnos (alrededor del 30 % de los encuestados) pudieron deducir la razón por la cual el agua subía dentro del frasco. Cabe aclarar que nunca habían realizado un ejercicio similar anteriormente y además que la resolución de esta cuestión involucra conceptos relacionados también con las propiedades de los gases y con las leyes de la física. Sin embargo muchos de ellos pudieron aproximarse en sus respuestas a una predicción acertada:



Respecto de la pregunta c) que puede compararse con las respuestas que inicialmente habían dado respecto de la cinta de magnesio, se obtuvo el siguiente resultado:

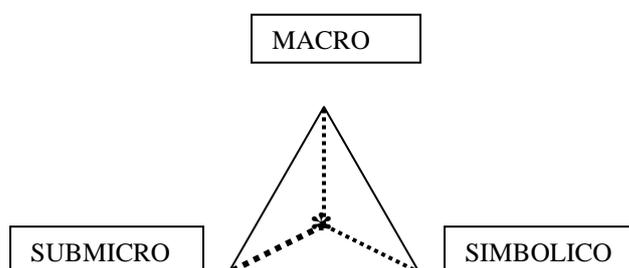
Del total de las consultas analizadas, sólo un 2 % de los estudiantes (1/50) **no** fue capaz de deducir que la esponja tendría finalmente un peso mayor que su peso inicial. El resto de las respuestas confirmó el aumento de peso y de ese 98 % (49/50) explicaron correctamente el motivo de este aumento 40 de los 49 estudiantes.

Por último, todos los estudiantes que resolvieron la actividad final (que formó parte de una evaluación de la asignatura) reconocieron cuál de las secuencias graficadas representaba un cambio químico.

Estos resultados confirman las presunciones acerca del proceso que han realizado en el camino de la construcción del campo conceptual de cambio químico. Se considera que las actividades propuestas han permitido evidenciar la formación de un modelo diferente del que inicialmente traía la mayor parte de los estudiantes.

## 7.5 Conclusiones finales.

Recordemos que, como ya ha sido planteado en el Capítulo 4, Jonhstone (2010) considera que en el abordaje de los fenómenos químicos se recorren tres niveles diferentes:



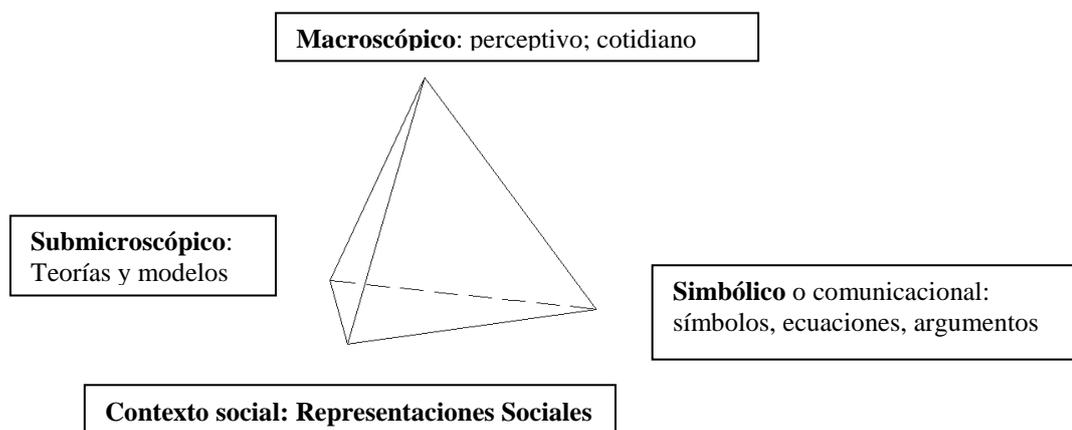
El autor propone que la enseñanza de Química en el aula resulta de la combinación de los tres niveles de representación que esta ciencia posee, lo cual explica las dificultades de los estudiantes a la hora de comprender sus conceptos.

Sin embargo, en la presente investigación asumimos la importancia que las representaciones sociales tienen en la conformación de los conceptos científicos de relevancia social ya que consideramos que el anclaje de los conceptos se encuentra en lo perceptivo, lo cotidiano pero también en la importancia que el contexto le otorga. Y en este punto es dónde incide la RS en la formación del concepto. Afirmamos también que la RS que la

sociedad posee respecto de la temática ‘reacciones químicas’ incide de forma evidente en la construcción del modelo que sobre el cambio químico son capaces de construir los estudiantes en el aula.

De tal manera podemos proponer, en función de los resultados obtenidos, que la conceptualización de un concepto (en realidad deberíamos hablar de un campo conceptual) de tanta importancia en el curriculum como resulta el de *cambio químico* no se puede realizar sin considerar la necesaria incorporación de los aspectos representacionales que sobre el tema se establecen en el ámbito social.

De tal forma, sería necesario resignificar el triángulo de Johnston de la siguiente manera:



En el vértice correspondiente a lo **macroscópico**, encontramos la necesaria referencia a los aspectos cotidianos que las tendencias actuales en enseñanza de las ciencias consideran imprescindibles a la hora de plantear estrategias de aula.

Los aspectos **submicroscópicos** remiten a los modelos y teorías de la ciencia escolar que serán el marco para la construcción de los conceptos. Como es evidente con el término **simbólico** no sólo nos estamos refiriendo a las fórmulas típicas que representan las sustancias químicas. Se trata de mucho más que ese simbolismo, ya que envuelve todo el proceso comunicacional que se establece durante la construcción de los conceptos y que evidencia la necesidad de tener en cuenta el contexto social

En tal sentido, se puede decir que los modelos que el alumno posee respecto de cualquier concepto en cuestión (como es el caso del cambio químico), sólo se pueden manifestar por alguna expresión de comunicación. En el aula se producen procesos comunicacionales en todo momento tales como son los que ocurren, por ejemplo, por la acción de explicar, o escribir la ecuación o la fórmula que representa tal o cual reacción química.

En este tetraedro analizaremos ahora la relevancia del vértice que se refiere al **contexto social** y las **RS**.

Podemos considerar que, en general y tal como se ha expresado en el Capítulo 2, existen teorías en acción a las cuales los individuos recurrimos para dar respuesta a situaciones problemáticas que debemos resolver, de manera “automática”, es decir sin demanda cognitiva. En el caso que nos interesa, se trata de las teorías en acción que permiten a los estudiantes responder de manera implícita (es decir sin reflexionar sobre el porqué de sus respuestas) ante determinadas situaciones problemáticas, tal como ocurre en sus primeras aproximaciones a las temáticas científicas en el aula.

Los investigadores afirman que las teorías en acción son las que, alojadas en la memoria de largo plazo en la cual permanecen, guían inconscientemente las acciones de los individuos. Esto explica las respuestas recurrentes y esquemáticas que todos tenemos ante diferentes situaciones en nuestra vida diaria. Esto es así porque, como se ha planteado anteriormente, estas teorías inciden sobre la construcción de los modelos mentales que todo individuo construye cuando se enfrenta con diferentes situaciones.

De tal manera, este accionar intuitivo sólo podrá ser modificado si se implementan acciones para hacerlo consciente. Es de esta manera cuando las teorías en acción se vuelven lábiles, al instalarse en la memoria de corto plazo.

En otras palabras, el anclaje de los conceptos o teorías en acción se encuentra en la memoria de largo plazo relacionadas con las impresiones perceptivas y con los aspectos más cotidianos del conocimiento. Allí

debemos destacar el valor que el contexto en el cual el individuo se desenvuelve le otorga a estas teorías implícitas y por ende la incidencia de las RS en la formación de los conceptos científicos en la escuela.

Para construir un concepto cuya base se encuentra arraigada en la memoria de largo plazo, en la forma de una teoría o concepto en acción será necesario entonces volverlo lábil, instalarlo en la memoria de corto plazo, y hacerlo conciente. Aunque no podemos suponer que este procedimiento tendrá indefectiblemente el resultado esperado por el docente, será en cambio condición *sine qua non* para emprender este camino.

Además, si retomamos las ideas de Johnstone y de Vergnaud (citado por Escudero y otros, 2003) ya mencionadas, se podría afirmar que para adquirir conocimiento dentro de cualquier campo conceptual de la química (como es por ejemplo el caso del cambio químico) y poder construir un modelo mental de trabajo científicamente válido se deberían abordar los diferentes planos que constituyen dicho campo.

Deberíamos por lo tanto asegurarnos como docentes que nuestros estudiantes no sólo reconozcan los aspectos submicroscópicos del cambio, sino que sean capaces de comunicar de diferentes maneras el concepto que van construyendo y que encuentren en las teorías y modelos que la ciencia propone la manera de explicar el proceso en toda su magnitud. También se asume como indispensable que aborden aspectos sociales en los cuales el concepto está involucrado, desde la visión contextual hasta las RS que se pudieran haber generado en su propio medio social.

Se propone entonces que, de esta manera, el concepto escolarmente válido se comenzará a construir y formará parte de un modelo funcional, es decir, al cual se puede recurrir para resolver situaciones problemáticas, entendidas en un amplio sentido. Esto ocurrirá cuando durante este proceso se planteen las necesarias referencias para cada lado del tetraedro, durante el abordaje en el aula.

Al considerar como punto de partida la RS que los estudiantes manifiestan poseer antes del abordaje temático, podemos notar su modificación posterior.

En la segunda RS detectada aparecen muchos más aspectos relacionados con las teorías científicas escolares mientras que pierden importancia los que se relacionan con la percepción que la sociedad posee respecto de los procesos químicos.

La red de significados del concepto se complejiza, se incorporan otros términos que muestran la adquisición de vocabulario específico, se resuelven situaciones problemáticas que inicialmente no se podían resolver. Todos estos son indicios del camino de la construcción de un campo conceptual esperable, un modelo de cambio químico adecuado.

Si analizamos la estructura de las dos RS, la inicial y la posterior a la intervención didáctica, podemos establecer las siguientes conclusiones:

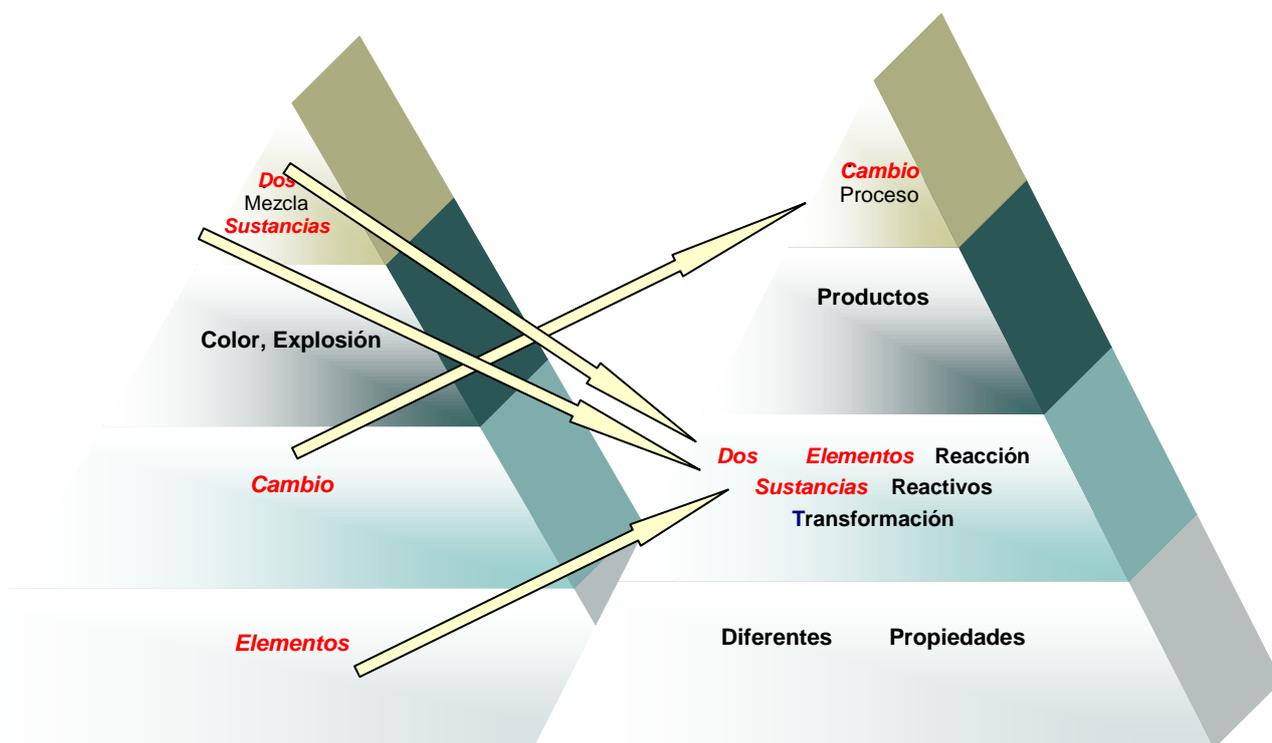


Figura 7.1: Composición de la RS inicial y posterior a la intervención escolar

Comprobamos que algunos términos se mantienen, aunque han variado su posición en la RS (en la figura 7.1 se señalan con *bastardillas*).

El núcleo de la misma ahora se configura con la concepción del **cambio** y **proceso** (término que no aparece en la primera determinación) y en la primera periferia aparece otro término que anteriormente no había sido nombrado: **productos**. Se evidencia así un aporte mayor en la composición de la RS por parte de vocablos surgidos de las teorías y modelos desarrollados en el ámbito escolar.

Aparentemente pierde importancia la idea de **mezclar sustancias** que habíamos asociado inicialmente con una acción de origen cotidiano. El término **sustancia** ahora se asocia con **transformación** al integrar la segunda línea de la periferia, aquella que algunos autores relacionan con el contraste con la realidad. En este mismo nivel aparecen otros vocablos surgidos del aporte teórico tales como **reactivos**.

Resulta llamativo que se hayan abandonado términos que son centrales en la RS que ha sido detectada en los adultos pertenecientes al mismo medio sociocultural que los estudiantes, tales como **explosión** y que junto con **color** aparecían en la primera zona periférica. Estos términos no forman parte de la segunda determinación, lo cual podría indicar también un avance en la conformación del concepto de cambio químico, ahora con el aporte de mayor parte de componentes teóricos y mucha menor proporción de componentes perceptivos.

Se corrobora que algunas características que habían sido detectadas en investigaciones ya citadas, en referencia a la manera en que los estudiantes entienden los cambios químicos, no son más que exteriorizaciones de las RS que poseen sobre el tema, como miembros integrantes de la sociedad actual. También se verifica que, al menos en lo referido a esta temática, los estudiantes recurren a su conocimiento cotidiano como primer esquema de acción para resolver las situaciones científicas del ámbito escolar.

Podemos decir que el grupo de estudiantes que han cursado el Módulo ha avanzado en la conformación del campo conceptual del cambio químico, y que, tal como lo muestra la tabla 7.1, han logrado incorporar un modelo de ciencia escolar adecuado para resolver las situaciones planteadas y que puede detectarse a partir de sus respuestas.

Pero además se ha podido demostrar que poseían una RS acerca de esta temática cuya composición manifestó variaciones después del desarrollo escolar del tema.

En esta Tesis nos hemos centrado sólo en los aspectos conceptuales de la RS acerca de *las reacciones químicas*, ya que no se contó con investigaciones previas que determinaran su posible composición. Sin embargo somos conscientes de los componentes actitudinales que contiene toda RS guiando el comportamiento y las decisiones que toman las personas en función de sus características.

Probablemente esta concepción que ha sido detectada y que considera a toda reacción química cercana a una explosión incide en la mirada social que no ve “con buenos ojos” a los productos “químicos” ni a sus combinaciones. Y conforma así las RS con las consecuentes actitudes frente a la Química de los actores sociales de la misma, entre los que se encuentran nuestros alumnos.

En esta investigación se ha podido detectar la influencia de la RS acerca de las reacciones químicas en cuanto a la construcción del concepto que se pretende construir en clase.

Por todos estos motivos consideramos que existe un vasto campo de investigación en esta área, que quizás contribuya a mejorar la actitud de los jóvenes frente al estudio de las ciencias y haga sus aportes para lograr un aumento en la mayor selección de las carreras científicas relacionadas con la Química.

## **7.6 Algunas recomendaciones para la enseñanza del tema.**

En primer lugar, queremos compartir un hecho que nos ha llamado la atención en la presente investigación. Tal como se puede apreciar en la primera evocación, una amplia mayoría de los estudiantes recurren a la palabra *mezcla*, o sea a la acción de *mezclar* como condición para que una reacción tenga lugar. Consideramos relevante en este momento analizar y resaltar la interpretación o sentido que creemos atribuyen los estudiantes a dicha palabra.

Es frecuente en los textos encontrar la introducción al tema *Reacciones Químicas* justamente a partir de la diferencia entre **mezcla** y **reacción**. Es decir, se suele mostrar a los alumnos que los componentes de una simple mezcla pueden volver a separarse, mientras que no ocurre lo mismo en el caso de que dichas sustancias hubieran reaccionado.

La tradición académica reproduce en los libros de texto escolares, por lo menos en nuestro país, esta cuestión clave como inicio del tratamiento de la temática de los cambios químicos.

En tal sentido, una referencia directa podemos encontrarla en el apartado 4.3. *Un experimento que se reitera a lo largo del tiempo en la enseñanza de Química a través de los textos escolares* (Lacolla, 2000), en el cual encontramos que en el período comprendido entre finales del siglo XIX y 1993 los libros de texto analizados recurrían a la misma reacción química para iniciar el estudio de esta temática.

A modo de ejemplo, en *Elementos de Química Inorgánica*, de Gentile (1937), podemos leer una versión descriptiva de la práctica, en la página 24

*"Si trituramos en un mortero, flor de azufre y limadura de hierro, resultará un polvo homogéneo de color uniforme, pardo claro; pero bastará observarlo con una lupa para descubrir las partículas de hierro distintas de las de azufre. Echando la masa en el agua, el hierro se irá al fondo por ser más denso, mientras que el polvo de azufre flotará en la superficie; aprovechando la propiedad magnética del hierro puede también separarse el hierro del azufre, por medio de un imán (...)"*

Continúa después en la pág.59

#### "Combinación química

*Hemos visto que por más que mezcláramos en un mortero el azufre con el hierro, estos no llegaban nunca a determinar una reacción química, porque en nada había variado la naturaleza de las dos sustancias, azufre e hierro.*

*Si en cambio a la mezcla la colocamos en un tubo de ensayo y calentamos su parte inferior, a medida que la temperatura se eleva, el color de la mezcla se hace más oscuro, hasta que en cierto momento se observa que comienza a ponerse incandescente (...) Hemos obtenido un nuevo compuesto (...)"*

La diferencia entre mezcla y reacción será abordada a lo largo de las siguientes décadas, a través de casi todo el Siglo XX como lo muestra la citada investigación, en los libros de texto más utilizados en las aulas de nuestro país recurriendo al mismo procedimiento y ejemplo. La tradición escolar ha hecho hincapié precisamente en este punto de diferencia para comenzar a abordar el estudio de los fenómenos químicos.

Volviendo entonces a nuestra actual investigación, llama la atención que como una primera aproximación al tema (los encuestados no han visto aun esta diferencia) los estudiantes recurran para el relato de lo que entienden por reacción química a la palabra *mezcla*, que tal como se expresa más arriba, estaría en el punto opuesto al concepto de reacción, según la bibliografía habitualmente utilizada en las aulas.

Encontramos que los estudiantes, al responder a la consigna de evocación respecto de lo que viene a su mente ante la expresión *reacción química* remiten mayoritariamente al término “mezcla”, por lo cual es posible inferir que al hacer referencia a esta acción están recurriendo a sus representaciones más arraigadas para caracterizar el fenómeno en cuestión. Asumen así la necesidad de poner en *contacto* dos o más sustancias para que se produzca una reacción entre ellas.

Parece claro, según este análisis, que los estudiantes parten de la concepción implícita que les indica que para que se inicie una reacción química es indispensable poner en contacto a las especies reaccionantes.

Prosiguiendo con este razonamiento, consideramos entonces importante destacar a manera de sugerencia didáctica, que para los alumnos no tiene significado la diferencia que se suele hacer en los textos cuando hablan de “MEZCLA ó REACCION”. La representación que ellos poseen del fenómeno, que han adquirido según se ha visto por diferentes mecanismos, entre los cuales destacamos las RS, les indican que es necesario este primer paso (la mezcla) para que posteriormente ocurra una reacción.

Si ignoramos estas concepciones, los conceptos que pretendemos construir no tendrán nexos con sus propias teorías implícitas y por tanto no podrán constituirse en verdaderos aprendizajes significativos.

Se sugiere en virtud de estas premisas que durante las primeras aproximaciones al tema en las aulas sería conveniente hablar de una mera “MEZCLA” como un sistema diferente del que se constituye cuando se trata de una “MEZCLA Y REACCION” para retomar así la representación que los estudiantes poseen al respecto.

Se partiría de este modo de sus propias representaciones, es decir, aquellas concepciones que parecen considerar que si dos (o más) son las sustancias que reaccionan es imprescindible que en primer lugar **se pongan en contacto**, *se mezclen* (como ellos mismos afirman en su lenguaje cotidiano).

Tomando también otros aspectos de la Tesis que se encuentran relacionados con la indagación realizada, podemos afirmar que el camino recorrido nos ha ayudado a corroborar que el concepto de cambio químico es estructurante, en el sentido de que involucra muchos otros temas centrales que se desarrollan en las aulas durante la enseñanza de la Química.

Pero también nos ha permitido afirmar que dicha temática constituye un verdadero Campo Conceptual y que su construcción debe necesariamente involucrar diferente tipo de saberes.

Se hace necesario considerar, por lo tanto, que tal como ha sido abordado en el Módulo aquí presentado (Capítulo 5), durante la enseñanza no se debe dejar de lado ninguno de los niveles de representación de la Química para asegurar la construcción de dicho Campo Conceptual. Por tales motivos se sugiere incluir en las actividades de aula, actividades que involucren a cada uno de estos aspectos fundamentales de esta ciencia. Pero especialmente se destaca, además, que los docentes no pueden dejar de tener en cuenta el valor de las Representaciones de origen Social que los estudiantes poseen respecto de la temática del cambio químico.

En tal sentido, se han encontrado aspectos comunes entre la RS de los miembros adultos de la actual sociedad y la RS que manifiestan los estudiantes a la hora de pensar en los aspectos centrales de las reacciones químicas.

Se han verificado leves modificaciones en la conformación de la RS detectada inicialmente en los jóvenes, que en algunos casos se evidencian por un cambio en la posición central o periférica de ciertos vocablos y también por la aparición o desaparición de términos. Quedaría para verificar si estas modificaciones se mantienen en el tiempo, o si en cambio evolucionan o regresan a su estado primigenio.

Lo cierto es que existe relación entre los modelos de sentido común que los estudiantes ponen en juego para resolver situaciones problemáticas planteadas y las RS que poseen.

También parecen existir dichas relaciones entre los modelos escolares que van conformando los mismos estudiantes y la constitución de su RS posterior a la enseñanza recibida.

Seguramente esta es sólo la punta del iceberg que señala la necesidad de incluir la faceta social de los conceptos científicos, en sus múltiples posibilidades que incluyen a las RS, durante la planificación de las actividades de enseñanza.

## **7.7 Sugerencias para futuros trabajos.**

Tal como se ha planteado en la Introducción, se comprueba que la construcción del campo conceptual *cambio químico* se ve atravesada por la interpretación que a nivel social le otorga la sociedad a este concepto.

Hasta este momento, las investigaciones pocas veces se han dedicado a determinar influencia de las variables sociales en la conformación de los conceptos en Química, ni las Representaciones Sociales (RS) que los alumnos traen al aula acerca de los fenómenos químicos.

Se propone en esta Tesis de incorporar la Teoría de las Representaciones Sociales (RS) al análisis de las ideas que los estudiantes poseen acerca de algunos temas centrales de la Química, con el objetivo de ampliar la mirada sobre los problemas de aprendizaje que habitualmente se producen en esta área.

Muchos son los temas de esta ciencia cuyas características de sentido común están probablemente relacionadas con aspectos que pertenecen al ámbito de las representaciones que la sociedad les otorga. Pensemos por ejemplo en los productos promocionados publicitariamente como “naturales” frente a otros que “son sintéticos” en su origen o bien que “tienen química” en su composición. También reflexionemos acerca de la percepción negativa que se manifiesta en los ciudadanos frente a la generación de energía con origen en reacciones nucleares, frente a la intrascendencia que se le otorga a la contaminación que puede provocar cualquier otro tipo de producción energética.

Otro ejemplo lo encontramos en el ya citado caso de la incredulidad de los estudiantes ante la presencia de ácidos en nuestro propio cuerpo, frente a la representación que ellos poseen de estas sustancias como peligrosas, malolientes o fumantes.

Por otro lado, podemos hacer referencia a las investigaciones internacionales que reconocen la caída en el interés de los jóvenes en dedicarse al estudio de carreras científicas, hecho que bien podría estar relacionado con las actitudes generadas por las RS que ellos mismos poseen acerca de este campo de estudio.

Actualmente estamos ante una nueva etapa de la educación secundaria uno de cuyos objetivos pretende lograr la alfabetización científica de todos los futuros ciudadanos. Por eso, cada vez más se hace imprescindible investigar acerca de las representaciones que estos sujetos poseen respecto de muchos conceptos químicos que pretendemos enseñar en la escuela y que comparten con otros actores sociales.

Con ayuda de estas investigaciones se podrán planificar estrategias que consideren que la construcción de los campos conceptuales que involucran los conceptos del currículo se logra mediante actividades diversas, que recorran cada uno de los niveles de representación que caracterizan a la Química. Pero también, que no deberían dejarse de lado entre esas actividades la detección de las representaciones socialmente compartidas que puedan influir en la adquisición de dichos saberes.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**



## Referencias bibliográficas

- ABRIC, J. C. (2001). *Prácticas sociales, representaciones sociales*. En: Abric, Jean Claude (comp.). *Prácticas Sociales y representaciones*. México D.F., Ediciones Coyoacán.
- ADÚRIZ-BRAVO, A. (2010) Concepto de Modelo Científico: una mirada epistemológica de su evolución. En *Didáctica de las Ciencias Naturales. El caso de los modelos científicos* (Galagovsly Coord.) Buenos Aires: Lugar Editorial.
- ALVES - MANZZOTTI, Alda J. (1994). Representacoes Sociais; aspectos teóricos e aplicacoes a Educacao. *Em Alberto*, Brasilia, ano 14, n.61, jan/mar.
- ANDERSSON, Björn (1990). 'Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16)'. *Studies in Science Education*, 18:1, 53-85 disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/03057269008559981>
- ARAYA UMAÑA, S. (2002) Las representaciones sociales: Ejes teóricos para su discusión. *Cuaderno de Ciencias Sociales* N° 127 - Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO). Sede Académica, Costa Rica. San José, Costa Rica.
- ASIMOV, I. (2000) de 1era Ed. 1975. *Breve historia de la química*. Madrid: Alianza Editorial.
- ASTOLFI, J.P. (1987). *El Aprendizaje de conceptos científicos: aspectos epistemológicos, cognitivos y lingüísticos*. Conferencia del 11 Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias y las Matemáticas. Valencia 23-25 de septiembre de 1987.
- ASTOLFI, J. P. (1994). *Los obstáculos para el aprendizaje de conceptos en ciencia: La forma de franquearlos didácticamente*. En Merino, G. Enseñar Ciencias Naturales en el 3er ciclo de la EGB. Madrid /Buenos Aires. Editorial Aique.
- AUSUBEL, D.; NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1976) *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- BACHELARD, Gastón (1972). *El nuevo espíritu científico*. Santa Lucía: Editorial Gráfica Labor S.A.

- BACHELARD, Gastón (1985). *La formación del espíritu científico*. Siglo XXI Editores, México.
- BACHELARD, G. (2000) de una primera Ed. en francés de 1938. *La formación del espíritu científico* México; Ed Siglo XXI.
- BACHELARD, G. (2003) de una primera Ed. en francés de 1940. *La filosofía del no*. Buenos Aires: Amorrortu editores.
- BARBOSA ABDALLA, M. y GALVÃO DA ROCHA, A. (2010). Representações sociais sobre tecnologias da informação e da comunicação e o contexto escolar Educação. *Formação & Tecnologias*, 3 (2), 61-70 Revista EFT. Diponible en: <http://eft.educom.pt>
- BRANDAO, V., ARAUJO, I. y VEIT, E. (2010). Concepções e dificuldades dos professores de física no campo conceitual da modelagem científica. *Revista Eletrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), pp. 669-695.
- BENARROCH, A. (2000). Del modelo cinético corpuscular a los modelos atómicos. Reflexiones didácticas. *Alambique* 23, pp 95-108.
- BENDER, G.; DEFAGO, A. y CUTRERA, G. (2009). Representaciones sociales en el aula de ciencias. El lugar del alumno. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias. Barcelona, pp. 997-1000
- BERTOMEU SÁNCHEZ, J. y GARCÍA BELMAR, A. (2006). *La revolución química: entre la historia y la memoria*. España: Universitat de Valencia. Disponible en: <http://www.uv.es/~bertomeu/material/museo/macque2.htm> Consultada en Abril 2011.
- BORSESE, A. (1997). El lenguaje de la química y la enseñanza de las ciencias. [Versión electrónica]. *Revista Alambique* 12.
- CAAMAÑO, A., MAYOS, C., MAESTRE, G. y VENTURA, T. (1983). Consideraciones sobre algunos errores conceptuales en el aprendizaje de la química en el bachillerato. *Enseñanza de las Ciencias*, 1(3), 198-200
- CABALLER, M. y OÑORBE, A. (1999). *Resolución de problemas y actividades de laboratorio*. La enseñanza y el aprendizaje de las ciencias de la naturaleza en la educación secundaria. Barcelona. I.C.E. Universitat de Barcelona

- CANDELA, A. (1999). *Ciencia en el aula. Los alumnos entre la argumentación y el consenso*. México: Editorial Paidós.
- CARBONELL, F. y FURIÓ, C. (1987). Opiniones de los adolescentes respecto al cambio sustancial de las reacciones químicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(1), 3-9.
- CARDOSO BRAVO, J. (2011). *Contenido y Estructura de Representaciones Sociales sobre Pedagogía y Pedagogos en Profesores de Ciencias*. Tesis Doctoral. Universidad de Burgos. España
- CASADO, G. y RAVIOLO, A. (2005). Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química. *Revista Universitas Scientarium* de la Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana. Colombia. Vol 10 pp. 35-43.
- CASTORINA, J. (2003) *Representaciones sociales. Problemas teóricos y conocimientos infantiles*. Gedisa. Barcelona.
- CATEBIEL, V. y LACOLLA, L. (1999). *Biología - Química: la necesidad de un trabajo interdisciplinario*. Presentado en el Encuentro Iberoamericano Colectivos Escolares que hacen Investigación desde su Escuela. Oaxtepec. Universidad Pedagógica Nacional de México.
- CHACOMA, M. y MAZZITELLI, C. (2008). *Las representaciones sociales de docentes sobre la escuela. Un estudio comparativo en sectores urbano y urbano – marginales*. 8ª Jornadas de Humanidades (UN Catamarca, Catamarca – Argentina)
- CHACOMA, M.; MAZZITELLI, C. y APARICIO, M. (2009). *La escuela y su representación social: una mirada desde alumnos urbanos y urbanos-marginales*. Ponencia presentada y publicada en las Memorias del III Congreso Internacional de Educación, Santa Fe, Argentina.
- CHAMIZO, J. (2010) Una Tipología de los Modelos para la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de la Ciencia*, 7 (1), pp. 26-41 – España
- CROCCO, L. y DE LONGHI, A. Coord. (2008). *Cuaderno de Trabajo Docentes Aprendiendo en Red*. Montevideo: Unesco. Disponible en: [www.unesco.org/uy/.../es/...trabajo/.../publicaciones-en-linea.html](http://www.unesco.org/uy/.../es/...trabajo/.../publicaciones-en-linea.html) Consultada en Diciembre 2011

- DEL CARMEN, L. (2000). *Los trabajos prácticos*. En Perales Palacios, F. y Cañal de León, P. (directores) *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Barcelona: Marfil.
- DEL POZO, R. (1998). La construcción didáctica del concepto de cambio químico. *Alambique*, 17, pp. 65-75
- DE VEGA, M. (1984). *Introducción a la Psicología Cognitiva*. Madrid: Alianza Editorial
- Diseño Curricular Provincia de Buenos Aires (2005). Buenos Aires: Argentina.
- DOMÍNGUEZ-GUTIÉRREZ, S. (2006) *Las representaciones sociales en los procesos de comunicación de la ciencia*. Presentado en el I Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación CTS+I México.
- DRIVER, R. (1985). *Beyond appearance: the conservation of matter under physical and chemical transformation* in *Children's Ideas in Science*. Open University Press.
- DRIVER, R.; GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1985) *Children's ideas in science*. Open University Press
- DRIVER, R.; SQUIRES, A.; RUSHWORTH, P. y WOOD-ROBINSON, V. (1996). *Ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC/Morata.
- DRIVER, R., GUESNE, E. Y TIBERGHIE (1996). *Ideas Científicas en la Infancia y en la adolescencia*. Editorial Morata - MEC . Madrid.
- DUIT, R. (2006) La investigación sobre enseñanza de las ciencias. Un requisito imprescindible para mejorar la práctica educativa. *Revista mexicana de investigación educativa*. Julio-Septiembre Vol. 11, n° 30, pp 741-770.
- DUSCHL, R. (1995). Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 3-14.
- ESCUDERO, E. (1985) Las actitudes en la enseñanza de las ciencias: un panorama complejo. *Revista de Educación*, n° 278. Madrid, España. Septiembre-diciembre.

- ESCUDERO, C.; MOREIRA, M. A. y CABALLERO, M<sup>a</sup> C. (2003) Teoremas-en-acción y conceptos-en-acción en clases de física introductoria en secundaria. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 2 n° 3*
- ESLAVA ALBARRACIN, D. y PUNTEL DE ALMEIDA, M. (2002). Social Representations of Health And Illness Investigating. *The State of the Art. Cienc. enferm.* vol. 8, n. 2. Disponible en:  
[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95532002000200007&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95532002000200007&lng=es&nrm=iso)
- EYSENCK, M.W. y KEANE, M.T (1994). *Psicología cognitiva: um manual introductorio*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- FOUREZ, G. (1998). *La construcción del conocimiento científico*, Filosofía y ética de la ciencia. Narcea, S.A. Madrid.
- FURIÓ, C. (1996). Las concepciones alternativas del alumnado en ciencias: dos décadas de investigación. Resultados y tendencias. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales 7*, 7-17
- FURIÓ C. y VILCHES, A. (1997) *La Enseñanza y el Aprendizaje de las Ciencias de la Naturaleza en la Educación Secundaria*. Barcelona: Horsori.
- FURIÓ, C. y FURIÓ, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Revista Educación Química 11*, [3].
- FURIÓ, C.; AZCONA, R.; GUIASOLA, J. y DOMÍNGUEZ, C. (2000). *La enseñanza y el aprendizaje del conocimiento químico*, en: Didáctica de las Ciencias Experimentales. Dirección: Perales, F. y Casal de León. Madrid: Editorial Marfil.
- GABEL, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: a Look to the Future. *Journal of Chemical Education*, Vol 76 N°4, p.548
- GABEL, D. (2000). Theory-based teaching strategies for conceptual understanding of chemistry, *Educación Química*, 11, 2, p. 236.
- GAGLIARDI, R. (1986). Los conceptos estructurales en el aprendizaje por investigación. *Enseñanza de las Ciencias 4(1)* 30-35

- GAGNÉ, R. M. (1987). *Las Condiciones del aprendizaje*. México: Nueva Editorial Interamericana.
- GALAGOWSKY, L. (2005). La enseñanza de la Química pre-universitaria: ¿qué enseñar, cómo, cuánto, para quiénes? *Revista Química Viva* N° 1, año 4.
- GALAGOVSKY, L.; RODRÍGUEZ, M. A.; STAMATI, N. y MORALES, L. (2003) Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la Enseñanza de las 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.
- GALAGOVSKY L. y ARDURIZ-BRAVO A. (2001). Modelos y Analogías en la enseñanza de las ciencias naturales, El concepto de modelo didáctico analógico. *Revista Enseñanza de las ciencias*, 19, 231-242.
- GALAGOVSKY, L.; DI GIACOMO, M. A.; y CASTELO, V. (2009). Modelos vs dibujos: el caso de la enseñanza de las fuerzas intermoleculares. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias* Vol.8 N°1.
- GARCÍA DE CAJÉN, S.; DOMINGUEZ C. J. y GARCÍA RODEJA F., (2002). Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista en el currículo oficial. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 217–228.
- GARCÍA, P. Y SANMARTÍ, N. (2001). Aprender a escribir sobre genética. *Enseñanza de las Ciencias* Número Extra. VI Congreso.
- GARCÍA, R. (2000). *El conocimiento en construcción*. Gedisa. Barcelona
- GIERE, R. (1992). *La explicación de la ciencia. Un acercamiento cognoscitivo*. México: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.
- GIL PÉREZ, D. (1996). New trends in Science Education. *International Journal of Science Education*, 18 (8), 889-901.
- GIL PÉREZ, D.; CARRASCOSA J.; FURIÓ, C., y MARTÍNEZ-TORREGOSA, J. (1991) La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria. Barcelona: Horsori.
- GIORDAN, A. y DE VECCHI, G. (1988) *Los orígenes del saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Sevilla: Díada Editores.

- GRECA, I. (1999). *Representaciones Mentales*. Texto de apoyo para el programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Burgos: Universidad de Burgos.
- GRECA, I. y DOS SANTOS, F. (2005) Dificuldades da Generalização das Estratégias de Modelação em Ciências: O Caso da Física e da Química.
- GRECA, I. y HERSCOVITZ, V. (2002). Construyendo significados en mecánica Cuántica: fundamentación y resultados de una propuesta innovadora para su Introducción en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 327-338.
- GRECA, I. y MOREIRA, M.A. (1997). The kinds of mental representations: models, propositions and images - used by college physics students regarding the concept of field. *International Journal of Science Education*, 19 (6), pp. 711-724.
- GRECA, I. y MOREIRA, M.A. (1998). Modelos mentales y aprendizaje de Física en electricidad y magnetismo. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 16 (2), 289-303.
- GRECA, I. y MOREIRA, M. (2002). Além da detecção de modelos mentais dos estudantes uma proposta representacional integradora. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (1), pp. 31-53.  
<http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/revista.htm>
- GRECA, M.; MOREIRA, M y CABALLERO, C. (2004). Representações sobre a Matemática, seu ensino e aprendizagem: Um estudo exploratório. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9 (1), pp. 37-93
- GUTIÉRREZ Julián et al (2002). Conocimiento cotidiano frente a conocimiento científico en la interpretación de las propiedades de la materia. *Investigações em Ensino de Ciências*, 7 (3), pp. 191-203.
- GUTIÉRREZ, R. (2005). Polisemia actual del concepto "modelo mental". Consecuencias para la investigación didáctica. *Investigações em Ensino de Ciências*. Vol. 10, Nº 2, artículo 4 Disponible en:  
<http://www.if.ufrgs.br/ienci/>
- HARRISON, A & TREAGUST, D (2000). A typology of school science model. *International Journal of Science Education*, 22, pp 1011-1026.

- HERNÁNDEZ, C. (2010). *Aproximación a un estado del arte de la enseñanza de las ciencias en Colombia*. Documento de la Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Aproximaci%C3%B3n-a-Un-Estado-Del-Arte/1326012.html>
- HODGE, R. y G. KRESS (1993). Lenguaje como ideología. En *Cuadernos de Sociolingüística y Lingüística Crítica* N° 1. Serie Fichas de Cátedra. FFyL.
- HORTON, C. (2007). Student Misconceptions and Preconceptions in Chemistry *Journal of Science Education*, Volume VII, Issue 2 – Spring, 2007. California. Disponible en: [www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf](http://www.daisley.net/hellevator/misconceptions/misconceptions.pdf).
- IBAÑEZ, T. (1988). *Representaciones sociales, teoría y método*. En: *Ideologías de la vida cotidiana*. Barcelona: Sendai.
- IZQUIERDO-AYMERICH, M. (2000). Fundamentos epistemológicos, en Perales, F.J. y Cañal, P. (comps.). *Didáctica de las ciencias experimentales: Teoría y práctica de la enseñanza de las ciencias*, 35-64. Alcoy: Marfil.
- IZQUIERDO M., ESPINET M., GARCÍA M.P., PUJOL R.M. y SANMARTÍ N, (1999). Caracterización y fundamentación de la ciencia escolar. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, Número extra, 79-91.
- IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. y ESTAÑA, J. (2007). *Actividad química escolar: modelización del Cambio Químico*. En *Investigar en la Enseñanza de la Química nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Izquierdo, Caamaño, Quintanilla (Editores). Barcelona: U.A.B.
- IZQUIERDO, M. y MERINO, C. (2009). Los modelos en la enseñanza de la Química. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extra VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, pp. 3489-3491. Disponible en: <http://ensciencias.uab.es/congreso09/numeroextra/art-3489-3491.pdf>

- IZQUIERDO, M.; SANMARTÍ, N. Y ESTAÑA, J. (2007). *Actividad química escolar: modelización del cambio químico en Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. España: UAB. Izquierdo, Caamaño, Quintanilla Editores.
- IZQUIERDO, M.; CAAMAÑO, A., QUINTANILLA, M. Ed. (2007) *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar* Barcelona. U.A.B.
- JODELET, D. (1986). *La representación social: fenómenos, concepto y teoría*. En: Moscovici, S. *Psicología social II*. Barcelona: Paidós
- JOHNSON LAIRD, Philip N. (1983). *Mental Models*. Cambridge, MA : Harvard University Press.
- JOHNSTONE, A. (1982). Macro and micro-chemistry. *The School Science Review* 64 (227), 377 – 379.
- JOHNSTONE, A.H. (1991) Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem *Journal of Computer Assisted Learning* Volume 7, Issue 2, pages 75–83.
- JOHNSTONE, A. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education* vol.70 n° 9 pp.701-705.
- JOHNSTONE, A. (2010). You Can't Get There from Here. *Journal of Chemical Education*, 87 (1), pp 22-29.
- JUSTI R. y GILBERT J. (1999). History and Philosophy of Science through Models: The case of Chemical Kinetics. *Science and Education*, 8, 287-307.
- JUSTI, R. y GILBERT, J.K. (2002). Modelling teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*, 24(4), 369-387.
- KARMILOFF-SMITH (1992), *Beyond Modularity* (MIT Press, 1992)
- KIND, V. (2004). *Mas alla de las apariencias. Ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química*. México. Aula XXI. Santillana
- KUHN, T. (1996) de 1era Ed. en inglés de 1971. *La estructura de las revoluciones científicas*. Buenos Aires: Breviarios. Fondo de Cultura Económica.

- LAVOISIER, A. (1789). *Traité élémentaire de chimie*. Paris; Cuchet. Tratado elemental de química, presentado baxo nuevo orden. Traducido al castellano. Tomo 1. Madrid 1798 (2 vols.) Disponible en [http://books.google.es/books?id=xqW0mwN1pi0C&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?id=xqW0mwN1pi0C&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) Consultado en Mayo de 2011
- LACOLLA, L. H. (2000) *La enseñanza de Química a través de los textos escolares*. Estudio descriptivo basado en los libros de texto de Química utilizados en el sistema educativo argentino durante el período comprendido entre fines del siglo XIX y 1993. Tesis para la obtención de la Licenciatura en Enseñanza de las Ciencias con Orientación en Química. Universidad Nacional de General San Martín. Buenos Aires. Argentina.
- LACOLLA, L. (2005) Reflexiones Acerca del Trabajo Práctico en la Enseñanza de la Química. IV Encontro Ibero-Americano de Coletivos Escolares E Redes De Professores que Fazem Investigaçao na sua Escola. 24 al 29 de Julio de 2005. Univates. Brasil.
- LAKATOS, I. (1989). *La metodología de los programas de investigación científica*. Madrid: Ed. Alianza Universidad.
- LEMKE, J. (1993). *Aprender a hablar de ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*. Barcelona: Paidós.
- LIMÓN, M. Y CARRETERO, M. (1997). *Las ideas previas de los alumnos. ¿Qué aporta este enfoque a la Enseñanza de las Ciencias?* En Carretero (Comp.) Construir y enseñar las Ciencias Experimentales (pp. 1 – 19). Argentina. Aique grupo editor S. A.
- LIU, X. (2001). Synthesizing Research on Student Conceptions in Science. *International Journal of Science Education*, 23, 55-81
- LLORENS MOLINA, J. (1991). *Comenzando a aprender química: ideas para el diseño curricular*. Madrid: Aprendizaje Visor.
- MARAFIOTI, R. (2001) *Recorridos Semiológicos. Signos, enunciación y argumentación*. Buenos Aires: Eudeba.
- MASON, S. (1985). *Historia de las Ciencias*. Madrid: Alianza Editorial.
- MAZZITELLI, C. y APARICIO, M. (2009). Las actitudes de los alumnos hacia las Ciencias Naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista Electrónica de*

*Enseñanza de las Ciencias*, 8 (1), Artículo 11. Disponible en:  
<http://www.saum.uvigo.es/reec>.

- MAZZITELLI, C. y APARICIO, M. (2010) El Abordaje del Conocimiento Cotidiano desde la Teoría De Las Representaciones Sociales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 7, núm. 3, pp. 636-652 Asociación de Profesores Amigos de la Ciencia: EUREKA Cádiz, España Disponible en:  
<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=92017191004>
- MORALES DOMÍNGUEZ, J. F. (2008); *Psicología Social (3ª Ed.)* McGraw-Hill / Interamericana de España, S.A.
- MOREIRA, M. A. (1999). *Modelos Mentales*. Texto de apoyo para el programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias. Burgos: Universidad de Burgos.
- MOREIRA, M.A. (2002) La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área. *Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias*, 7(1), 2002.  
<http://www.if.ufrgs.br/ienci>
- MOREIRA, M. A. y RODRÍGUEZ PALMERO, M. L. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 2 (3), 36-56.
- MOSCOVICI, S. (1979) *El psicoanálisis, su imagen y su publico*. Buenos Aires Ed Huemul (1era Ed. 1961)
- MOSCOVICI, S. y HEWSTONE, M. (1986) De la ciencia al sentido común. En: Moscovici, S. *Psicología social II*. Barcelona: Paidós
- NAPPA, N., INSAUSTI, M. J. y SIGÜENZA, A. F. (2006). Características en la construcción y rodaje de los modelos mentales generados sobre las disoluciones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 3(1), 2-22.
- MERINO RUBILAR. C. (2009). *Aportes a la Caracterización del Modelo Cambio Químico Escolar*. Tesis para la obtención del título de Doctor por el Depto. de Didáctica de las Matemáticas y las Ciencias Experimentales de la Universidad de Barcelona.

- MOÑIVAS, A. (1994). Epistemología y representaciones sociales. Concepto y teoría. *Revista de Psicología General y Aplicada* 47 (4) 409-419.
- MOREIRA, M.; GRECA, I. y RODRIGUEZ PALMERO, M. (2002). Modelos Mentales y Modelos Conceptuales en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias. *Revista Brasileira de Investigaçãõ em Educaçãõ em Ciências*, 2 (3) 84-96.
- MOSCOVICI, S. (1979). *El psicoanálisis, su imagen y su público*. Buenos Aires: Editorial Huemul.
- MOSCOVICI, S. y HEWSTONE, M. (1986). *De la ciencia al sentido común*. In: Moscovici, S. *Psicología social II*. Barcelona: Paidós
- NARANJO ZULUAGA, C. y SEGURA CONTRERAS, M. (2009). *Representaciones sociales de los estudiantes de la media vocacional sobre las matemáticas y la química*. Sistema de universidades estatales del caribe Colombiano – Sue Caribe- Investigación de Maestría
- NISBET, M. et al. (2002) *Knowledge, Reservations, or Promise? A media effects model for public perceptions of Science and Technology*. *Communication Research*, Vol. 29, No. 5, October. Sage Publications (on line).
- OLIVEIRA, D.; TOSOLI GOMES, A y PEREIRA DE SÁ, C. (2008). Representaciones sociales del sistema único de salud en el municipio de Río de Janeiro, Brasil, según el enfoque estructural. *Revista Latinoamericana Enfermagem* 16 (1)
- OSBORNE, R., y FREYBERG, P. (1991). *El aprendizaje de las ciencias. Implicaciones de las ciencias de los alumnos*. Madrid: Narcea
- OTERO, M.R. (1999) *Psicología cognitiva, representaciones mentales e investigación en enseñanza de las ciencias* - *Investigações em Ensino de Ciências* – V4 (2), pp. 93-119.
- ÖZMEN, K.; AYAS, A. y ÇALIK, M. (2003). Students' conceptions of the particulate nature of matter at secondary and tertiary level *International Journal of Science and Mathematics Education* Volume 8, Number 1, 165-184.
- PARDO ABRIL, N. (2004) *Ideologías, representaciones sociales, modelos culturales y modelos mentales*. Instituto de Estudios en Comunicación

y Cultura. Dpto. de Lingüística. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en

<http://www.unal.edu.co/ieco/docs/ideologiamodelosculturales.pdf>(Consultado en Agosto de 2011)

- PEREIRA DE SÁ, C. (1993). Representacoes Sociais: o conceito e o estado atual da teoria. In: M. J. Spink (org). O conhecimento no cotidiano. Sao Paulo: Brasiliense.
- PIDOTO, A. (2009) La figura del ama de casa en la revista Mucho Gusto durante el primer Peronismo. *Revista Figurasiones. Teoría y Crítica de Artes*. N° 5 Buenos Aires, Instituto Universitario Nacional de Arte – IUNA.
- POPPER, Karl (1995). *Escritos selectos*. México D.F.: Fondo de Cultura Económica.
- PORLÁN, R. (1993) *Constructivismo y Escuela. Hacia un modelo de enseñanza-aprendizaje basado en la investigación*, Sevilla: DIADA.
- POSNER, G., STRIKE, K., HEWSON, P. y GERTZOG, W. (1982). Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, vol. 66, p.211-227
- POZO, J. I. (1994). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. Madrid: Ediciones Morata.
- POZO, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde viene, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique* N° 7, pp. 18-26.
- POZO, J. I. (1998): *Aprendices y maestros. La nueva cultura del aprendizaje*. Madrid: Alianza Editorial.
- POZO, J. Y GÓMEZ CRESPO, M. (1998). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata.
- POZO, J,I (2001) *Humana mente. El mundo, la conciencia y la carne*. Madrid: Ediciones Morata.
- POZO, J. y GÓMEZ CRESPO, N. (2002). *Más allá del “equipamiento cognitivo de serie”: la comprensión de la naturaleza de la materia*. En:

Benlloch, M. (Comp.) La educación en ciencias: ideas para mejorar su práctica. Paidós

- POZO, J. y FLORES, F. (2007). *Cambio conceptual y representacional*. Editorial Antonio Machado Libros.
- POZO, J.; GÓMEZ CRESPO, N.; LIMÓN, M. y SANZ SERRANO, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia; las ideas de los adolescentes sobre química*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- PRIETO RUIZ, T. (2007). *Trabajo práctico y concepciones de los alumnos: la combustión*. En Investigar en la Enseñanza de la Química nuevos horizontes: contextualizar y modelizar. Izquierdo, Caamaño, Quintanilla (Editores). Barcelona: U.A.B.
- RABADÁN VERGARA, J.M. y MARTÍNEZ GEIDÓ P. (1999). Las actitudes en la enseñanza de las ciencias: aproximación a una propuesta organizativa y didáctica. En: *Alambique: didáctica de las ciencias experimentales*. No. 22 (1999). p. 67-75.
- RAITER, A y otros (2002) *Representaciones Sociales*. Editorial Eudeba. Universidad de Buenos Aires.
- RODRIGO, M.J. (1985) Las teorías implícitas en el conocimiento social. *Infancia y Aprendizaje*, 31-32, pp 145- 156.
- ROCHA, A. (2005). *Algunas reflexiones sobre la Química y su enseñanza en los niveles educativos preuniversitarios*. En Las disciplinas, las áreas: problemática de su enseñanza. Serie Cuadernos de Educación y Prácticas Sociales.
- SANMARTÍ, N. (2007) En Fernández, P. (Coord.) *La competencia en comunicación lingüística en las áreas del currículo*. Colección Aulas de Verano. Madrid: MEC.
- SANMARTÍ, N.; IZQUIERDO, M. y GARCÍA, P. (1999). Hablar y escribir. Una condición necesaria para aprender ciencias. *Revista Cuadernos de Pedagogía* N° 281
- SANTANA, M. DA SILVA y CHAVES MAIA, E. (2009) Atividade Física e Bem-Estar na Velhice. *Rev. Salud pública*. 11 (2): 225-236.

- SANTANA, M. y CHAVES MAIA, E. (2009). Senior citizen's physical activity and welfare. *Rev. salud pública*, Mar./Apr. 2009, vol.11, no.2, p.225-236.
- SARDÁ, A. (2001). Ensenyar a argumentar en temàtiques ambientals: anàlisi dels resultats d'una experiència a ESO. *Enseñanza de las ciencias* Número Extra. VI Congreso.
- SCHUSTER, F. (2005). *Explicación y Predicción. La validez del conocimiento en ciencias sociales*. Buenos Aires: Colección Biblioteca de Ciencias Sociales, CLACSO Consultado en Agosto de 2011. Disponible en: <http://bibliotecavirtual.clacso.org.ar/ar/libros/secret/schuster/Prolo3raed.rtf>.
- SIMPSON, R. et al. (1994) "Research on the affective dimension of science learning". In: Gabel D. *Handbook of Research on Science Teaching and Learning*. New York: MacMillan.
- SOLSONA PAIRÓ, N., IZQUIERDO AYMERICH, M. y GUTIÉRREZ, R. (2000). El uso de razonamientos causales en relación con la significatividad de los modelos teóricos. *Enseñanza de las Ciencias*, 18 (1), 15-23.
- SOLSONA, N. e IZQUIERDO, N. (1998). La conservación del elemento, una idea inexistente en el alumnado de secundaria. *Revista Alambique* N°17
- SOLSONA, N., IZQUIERDO, M. y DE JONG, O. (2004). Explorando el desarrollo de perfiles conceptuales de los estudiantes acerca del equilibrio químico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, N° 2, pp. 269-271
- SUTTON, C. (1998). New perspectives on language in science. En B.J. Fraser and K.G. Tobin (Eds.), *International Handbook of Science Education* (pp. 27-38). Netherland: Kluwer Academic Publishers.
- THAGARD, P. (1996). *Mind: introduction to cognitive science*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- VAN DIJK, T. A (2003) *La multidisciplinaridad del análisis crítico del discurso: un alegato en favor de la diversidad* En Ruth Wodak & Michael Meyer: *Métodos de análisis crítico del discurso*. Barcelona: Gedisa, pp. 143-177.

- VAN DIJK, T. A. (1997) Discurso, cognición y sociedad. En *Revista Signos* 8 (22), 66-74.
- VERGNAUD, G. (1990) La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10 (23): 133-170.
- VERGNAUD, G. (1990). *Recherches en Didactique des Mathématiques* Vol 10 N° 2,3 pp 133-170. *La Pensée Sauvage* editores.
- VERGNAUD, G. (1998). A comprehensive theory of representation for mathematics education. *Journal of Mathematical Behavior*, 17 (2): 167-181.
- VYGOTSKY, L. (1995) *Pensamiento y lenguaje*. España: Ediciones Paidós.
- WAGNER, W. Y FLORES-PALACIOS, F. (2010). *Apuntes sobre la epistemología de las representaciones sociales*. Educación Matemática [en línea] 2010, vol. 22 [citado 2011-05-02]. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=40516666007>.
- ZULLO, J. (1999) *A veinte años del golpe de estado. las lecturas de la prensa desde la Lingüística Crítica*. En *Discurso y Ciencia Social*. Buenos Aires, Eudeba.
- ZULLO, J. y RAITER, A. (2004) Piquetes y piqueteros. Los actores sociales de la pobreza en la prensa argentina. En *Aled Revista Latinoamericana de Estudios del Discurso*. Volumen 4 (2), pp. 7-26.