

**Universidad Nacional de Rosario**  
**Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura**



Tesis de Maestría

**Caracterización del tema Cambio Químico en  
libros de texto de ciclo básico de nivel  
secundario.**

Gabriela García

Director: Mercè izquierdo Aymerich

Co-Director: Celia Edilma Machado

*Tesis presentada en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura, en  
cumplimiento parcial de los requisitos para optar al título de*

**Magister en Didáctica de las Ciencias**

Diciembre de 2017

Certifico que el trabajo incluido en esta tesis es el resultado de tareas de investigación originales y que no ha sido presentado para optar a un título de postgrado en ninguna otra Universidad o Institución.

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a Enrique, a mis padres y a mi abuela Nely, los seres más queridos por mí. Especialmente a la tía Lita, a su memoria, que de alguna manera me cuidó e inspiró para que yo transite el camino de las ciencias.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Enrique, mi amor, que aguantó las largas jornadas de escritura en las que me abstraía de nuestro mundo juntos, y aún así me sostuvo.

A mi mamá Amanda, de quien heredé su amor por la enseñanza, y la elección de la carrera docente.

La investigación requiere pensar *con* alguien más, sin estas personas hubiera sido imposible esta tesis:

Agradezco inicialmente a todos mis compañeros y compañeras de la Maestría: Ezequiel, Hugo, Marta, Claudia, Alejandra, Valeria, y especialmente a Andrés Espinoza Cara en quien encontré a mi primer interlocutor en la Didáctica de la Química.

A Lydia Galagovsky, y los docentes e investigadores participantes de la conferencia organizada por el GIADiCieNQ (UBA), quienes me dieron la oportunidad de compartir mis avances de la tesis, aprendiendo muchísimo de la acalorada discusión epistemológica que sucedió.

A mi directora, Mercè Izquierdo, por valorar y creer en mi trabajo, y por haberme mostrado de manera tan clara, leyéndola y dialogando con ella, que la *química de las sustancias* es maravillosa y vale la pena enseñarla a los jóvenes.

A mi codirectora y compañera docente, Edy Machado, por compartir, por guiarme y estimularme en la escritura de esta tesis, y por la posibilidad de enriquecerme día a día.

## RESUMEN

En esta investigación se estudió el tema Cambio Químico en libros de texto correspondientes al ciclo básico del nivel educativo secundario de Argentina.

El trabajo se desarrolló utilizando una metodología cualitativa-interpretativa de estudio de casos múltiples, analizando la sección correspondiente a Reacciones Químicas en dos libros de texto.

El diseño metodológico consistió en el relevamiento de datos de los libros, bajo determinadas categorías de análisis. Los datos extraídos de los libros fueron *frases verbales*: definiciones, explicaciones, descripciones, ejemplos, entre otros, e *inscripciones*.

El análisis de los datos se hizo en base a aspectos conceptuales y semióticos.

En primer lugar, el análisis bajo la perspectiva conceptual, permitió establecer qué ideas centrales acerca del Cambio Químico presenta cada libro, analizando los conceptos y las relaciones que los vinculan. Para ello, inicialmente se construyó un Modelo de Referencia Conceptual-Didáctico de Cambio Químico ad-hoc. Luego, a partir del mismo, se seleccionaron una serie de ideas básicas alrededor de las que se desarrollaron las categorías de análisis para los libros de texto.

En segundo lugar, se llevó a cabo un relevamiento y análisis de tipo semiótico de las inscripciones, tomadas como signos en modo visual que permiten al lector construir significados.

Estos análisis conjugados permitieron realizar una caracterización del tema Cambio Químico en cada uno de los libros analizados, revisando en particular cómo se conectan los contenidos teóricos con las representaciones de los fenómenos presentados.

Se considera que los aportes de esta investigación son valiosos en cuanto proponen un instrumento de análisis de libros de texto, que puede resultar útil para los profesores y profesoras de Química en la selección de aquellos libros que se adecuen de mejor manera a los modelos conceptuales y didácticos actuales.

Las conclusiones a las que se arribó en esta investigación son para los casos particulares estudiados y de ninguna manera implican generalizaciones universales.

## **PALABRAS CLAVE**

Cambio Químico – Libros de texto – Educación secundaria - Análisis conceptual –  
Modelo de referencia - Análisis semiótico

## INDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN	5
PALABRAS CLAVE	6
INDICE	7
<b>CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIÓN</b>	9
1.1 JUSTIFICACIÓN	9
1.2 PREGUNTAS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	11
<b>CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	14
2.1 ACERCA DE LOS LIBROS DE TEXTO	14
2.1.1 Los libros de texto de ciencias en la educación formal	14
2.1.2 Los libros de texto como textos didácticos	16
2.1.3 Estado del arte sobre investigaciones de libros de texto de ciencias	17
2.2 ACERCA DE LOS ASPECTOS SEMIÓTICOS	19
2.2.1 La semiótica social como fundamento teórico para la comunicación en ciencias	20
2.2.2 La multimodalidad en la representación de los conceptos químicos	21
2.2.2.1 <i>Modo textual</i>	22
2.2.2.2 <i>Modo visual</i>	25
2.2.3 Modelos: representaciones en la educación científica	27
2.3 ACERCA DE LOS ASPECTOS CONCEPTUALES	30
2.3.1 Conceptos y estructuras conceptuales	30
2.3.2 Conceptos teóricos y conceptos fenomenológicos	31
2.3.3 Tres niveles para “pensar” los conceptos químicos	32
2.4 ACERCA DEL CAMBIO QUÍMICO	33
2.4.1 El Cambio Químico en la disciplina Química	33
2.4.2 La construcción histórica del Cambio Químico	34
2.4.3 El Cambio Químico en los libros de texto de nivel secundario y en la enseñanza	38
2.4.4 El Cambio Químico en los diseños curriculares	45
2.4.5 Un Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico (MCQ)	50
2.4.5.1 <i>Red conceptual para expresar el MCQ</i>	56
2.4.5.2 <i>Ideas básicas de Cambio Químico</i>	57
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA</b>	63
3.1 ENCUADRE TEÓRICO METODOLÓGICO	63
3.2 DISEÑO METODOLÓGICO	64
3.2.1 Selección de casos	64
3.2.2 Desarrollo del diseño metodológico	65
3.3 INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS	67
3.3.1 Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico como marco de referencia para la recogida de datos primarios.	67
3.3.2 Instrumentos de análisis de datos	70
3.3.2.1 <i>Análisis conceptual</i>	70
3.3.2.2 <i>Análisis semiótico de inscripciones</i>	73
3.3.3 Estrategias de análisis de datos	78
<b>CAPÍTULO 4: RECOGIDA DE DATOS</b>	80

<b>4.1</b>	<b>CONSIDERACIONES ACERCA DE LA RECOGIDA DE DATOS</b>	80
<b>4.2</b>	<b>LIBRO DE TEXTO 1</b>	80
<b>4.2.1</b>	<b>Organización de los contenidos del libro y selección de sección de interés</b>	80
<b>4.2.2</b>	<b>Desarrollo secuencial de la sección de interés y selección de datos</b>	81
<b>4.2.3</b>	<b>Datos transformados para cada idea básica - LDT-1</b>	84
<b>4.3</b>	<b>LIBRO DE TEXTO 2</b>	94
<b>4.3.1</b>	<b>Organización de los contenidos del libro y selección de sección de interés</b>	94
<b>4.3.2</b>	<b>Desarrollo secuencial de la sección de interés y selección de datos</b>	95
<b>4.3.3</b>	<b>Datos transformados para cada idea básica - LDT -2</b>	97
<b>4.4</b>	<b>VISIÓN GLOBAL CUANTITATIVA DE DATOS</b>	111
<b>4.4.1</b>	<b>Contenido conceptual</b>	111
<b>4.4.2</b>	<b>Contenido semiótico</b>	111
<b>CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE DATOS</b>		117
<b>5.1</b>	<b>ANÁLISIS POR LIBRO</b>	117
<b>5.1.1</b>	<b>Análisis del libro de texto 1</b>	117
<b>5.1.2</b>	<b>Análisis del libro de texto 2</b>	137
<b>5.2</b>	<b>SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DEL ANÁLISIS</b>	163
<b>5.3</b>	<b>ACERCA DEL CONCEPTO DE SUSTANCIA</b>	169
<b>5.4</b>	<b>EN RELACIÓN A LOS DISEÑOS CURRICULARES</b>	170
<b>5.5</b>	<b>MODELOS INTERPRETATIVOS PARA EL CAMBIO QUÍMICO</b>	173
<b>CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES</b>		174
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b>		179
<b>8. ANEXOS</b>		189

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTACIÓN

En este apartado se desarrollan las razones por las cuales se eligió el tema Cambio Químico en los libros de texto como objeto de estudio, así como las preguntas y los objetivos que guían la investigación.

### 1.1 JUSTIFICACIÓN

En este trabajo de investigación se estudia el tema Cambio Químico en libros de texto del nivel secundario en Argentina. Se trata de un estudio cualitativo-interpretativo-crítico de casos múltiples en el que se investigó la manera en que el Cambio Químico es presentado en los textos, estudiando aspectos conceptuales y semióticos.

La selección del tema Cambio Químico se fundamenta en que se trata de un concepto central y estructurante de la Química. Es central en la disciplina, ya que la Química se encarga de estudiar las transformaciones de las sustancias, y es estructurante porque tiene la potencialidad de transformar el sistema cognitivo de quien lo construye, permitiendo construir nuevos conocimientos, cambiar el sistema de significación, organizar datos de otra manera e incluso transformar conocimientos anteriores (Gagliardi, 1986).

Los libros de texto de Química para el Ciclo Básico de la educación secundaria en Argentina desarrollan el tema Cambio Químico de manera específica. En general, presentan un capítulo titulado “las reacciones químicas” o “los cambios químicos”.

Aún así, en la enseñanza de la Química en el nivel secundario no suele considerarse al Cambio Químico como un concepto central, ni se incluye como un contenido científico estructurante explícito en los documentos curriculares, sino que, en ambos casos, aparece desdibujado de manera atomizada en diversos temas. La enseñanza de esta ciencia en las aulas del nivel secundario está centrada principalmente en una lista de temas desconectados entre sí y descontextualizados de los fenómenos del mundo material que son el objeto de estudio de esta disciplina. Se enseñan la estructura atómica, los enlaces químicos, las fórmulas químicas, su

nomenclatura y las ecuaciones químicas, pero no el Cambio Químico. Es más, la Química escolar está centrada casi exclusivamente en la enseñanza de una sistemática de representación simbólica de conceptos y procesos, donde con muy baja frecuencia se mencionan los fenómenos correspondientes a Cambios Químicos que pretende explicar esta ciencia experimental.

Así, a pesar de que las investigaciones actuales en enseñanza de la Química insisten en "...recuperar la capacidad explicativa de la química, PARA TODOS" (Izquierdo Aymerich, 2004), la Química escolar tradicional que prevalece en las aulas aporta poca de esta capacidad interpretativa de los fenómenos del mundo.

Estas reflexiones surgen a partir de la experiencia de la investigadora en la enseñanza de la Química en el nivel secundario, terciario y universitario, y tomando como referencia diversos artículos (Izquierdo Aymerich, 2004; Izquierdo, 2007; Izquierdo-Aymerich y Adúriz-Bravo, 2009; Lemke, 2006; Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson, Hemmo, 2007), en los que se presenta y analiza la crisis actual en la enseñanza de las ciencias<sup>1</sup> en general y de la Química en particular.

Por otro lado, se ha elegido el estudio de los libros de texto debido al papel fundamental que juegan en la enseñanza formal, en general, y en la enseñanza de las ciencias, en particular. En primer lugar porque la ciencia se enseña fundamentalmente a partir de textos y en segundo lugar porque la mayor parte de los profesores son dependientes de los libros de texto para orientar su enseñanza (Martins y Brigas, 2005). Son en muchos casos el referente exclusivo del conocimiento científico, tanto para estudiantes como para docentes. Éstos constituyen la guía principal para secuenciar los contenidos, definir conceptos, organizar sus clases, elaborar ejercicios, realizar prácticas de laboratorio, elaborar exámenes, entre otros. El libro de texto es considerado como un objeto cultural que delinea el discurso sobre ciencia que se enseña y el tipo de interacciones entre autores y lectores (Izquierdo, Marquez y Gouvea, 2006). Además de utilizar los libros de texto como referente casi exclusivo para la enseñanza, los docentes suelen adherir a y reproducir acríticamente las concepciones epistemológicas que el libro

---

<sup>1</sup> En esta tesis el término "ciencias" se refiere específicamente a las ciencias experimentales.

transmite acerca de la ciencia y de su enseñanza. Por todo ello se considera que el estudio de los libros de texto es necesario y puede resultar un aporte valioso, útil y accesible a los profesores y profesoras de ciencias.

De esta manera, la siguiente investigación pretende aportar información para reflexionar acerca de un aspecto de la enseñanza de la Química en el nivel secundario, estudiando específicamente cómo se presenta el Cambio Químico en los libros de texto.

## **1.2 PREGUNTAS Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

La pregunta general de la investigación es: ¿De qué manera presentan los libros de texto el tema Cambio Químico? Para responderla se considera, en primer lugar, que los libros de texto son recursos didácticos que tienen un propósito: presentar de manera organizada ciertos contenidos temáticos con el fin de facilitar la construcción de conocimientos específicos en el lector. Para lograr este fin, el autor escribe los contenidos contemplando, entre otros, aspectos conceptuales y semióticos. Los primeros se refieren a la selección, estructuración, vinculación y jerarquización de conceptos, así como a la transformación del contenido científico para su enseñanza, es decir su transposición didáctica. Los aspectos semióticos se refieren a los diferentes recursos que utilizan los autores de los libros para promover la construcción de significados acerca de los contenidos enunciados, por ejemplo dibujos, fotografías, esquemas, frases explicativas, descriptivas, entre otros. Estos dos aspectos contribuyen a dejar plasmado el discurso del autor acerca de la ciencia a enseñar, en particular en este caso, del Cambio Químico. El relevamiento de datos y su análisis desde esta doble perspectiva permitió elaborar una caracterización del Cambio Químico que presenta cada libro de texto analizado. Para ello, los datos relevados fueron los elementos semióticos que usan los libros de texto para construir una determinada representación del Cambio Químico, la cual constituye un determinado modelo de Cambio Químico.

Para el análisis conceptual se elaboró un marco teórico científico y didáctico de referencia con el cual se contrastaron las ideas presentadas en cada libro de texto acerca del Cambio Químico. Esta referencia se denomina Modelo de Referencia Conceptual-Didáctico de Cambio Químico (MCQ) y se desarrolla en el Capítulo 2.

Un punto clave que se tuvo en cuenta en la caracterización del Cambio Químico en los libros de texto es, si existe, la relación entre fenómenos (hechos y observaciones) representados y los conceptos teóricos desarrollados.

Asimismo, se tomaron los diseños curriculares oficiales como material de referencia, relevando en ellos los contenidos referidos al Cambio Químico. Su consideración resulta pertinente para cotejar con los análisis hechos en los libros de texto. Se plantea el interrogante acerca de la relación existente entre los contenidos propuestos en los diseños curriculares, los contenidos de los libros de texto y el MCQ.

A partir del planteamiento anterior se proponen las siguientes preguntas que guían la investigación:

1. ¿De qué manera se estructura conceptualmente el Cambio Químico en los libros de texto? ¿Qué ideas centrales, conceptos y sus relaciones acerca del Cambio Químico presentan los libros de texto?
2. ¿Qué relación hay entre el Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico, el Modelo de Cambio Químico presentado en los libros y los contenidos prescritos en los diseños curriculares?
3. ¿De qué maneras se utilizan las inscripciones de los libros de texto para promover la atribución de significado a los conceptos e ideas que propone?
4. ¿Cómo se relacionan y complementan las características conceptuales y semióticas analizadas en la construcción del Modelo de Cambio Químico que presentan los libros de texto?
5. ¿Cómo se relacionan los fenómenos y la teoría en los libros de texto respecto del Cambio Químico?

Por tanto, el objetivo general de la investigación es *caracterizar la manera en que se presenta el tema Cambio Químico en libros de texto de nivel secundario analizando aspectos conceptuales y semióticos.*

Los objetivos específicos son:

1. Caracterizar el concepto de Cambio Químico presentado en los libros de texto, identificando los conceptos, las ideas y sus relaciones.
2. Identificar y caracterizar las inscripciones como recursos semióticos que

utilizan los libros para asistir a la construcción conceptual por parte del lector.

3. Poner en relación los aspectos anteriores con el fin de construir una caracterización del modelo Cambio Químico que presenta cada libro de texto.

# CAPÍTULO 2

## MARCO TEÓRICO

En este capítulo se desarrolla el marco teórico que sustenta la investigación. Se incluyen desarrollos teóricos sobre los libros de texto, los recursos semióticos, los conceptos y se finaliza con un apartado sobre Cambio Químico.

### 2.1 ACERCA DE LOS LIBROS DE TEXTO

Los libros de texto constituyen uno de los recursos didácticos de mayor tradición en el proceso de enseñar y aprender mediando entre el docente y los estudiantes a lo largo de secuencias didácticas.

Tienen un propósito específico: presentar de manera organizada ciertos contenidos temáticos, posibilitando la negociación de significados, con el fin de facilitar el establecimiento de conexiones e interrelaciones tendiendo a la construcción de conocimientos específicos en el lector.

En este apartado se desarrollan diversos aspectos sobre los libros de texto. En primer lugar se aborda el papel que juegan en la enseñanza formal, luego se trata su carácter de textos didácticos, para finalmente presentar un estado del arte sobre investigación de libros de texto de ciencias.

#### 2.1.1 Los libros de texto de ciencias en la educación formal

La investigación en didáctica de las ciencias ha hecho en las últimas décadas numerosos aportes teóricos que resultaron y resultan en avances innovadores en aspectos epistemológicos, psicológicos, lingüísticos, pedagógicos, comunicacionales, entre otros. Sin embargo, estos desarrollos, por causas que están fuera del alcance de esta investigación, difícilmente llegan a la mayoría de las aulas. Los libros de texto, que ocupan un lugar central en la enseñanza formal de las ciencias, no escapan a este hecho.

Simultáneamente, en los últimos años, los libros han ido sufriendo modificaciones. La adición de materiales tales como guías para el profesor, links a recursos informáticos, ilustraciones coloridas que ocupan gran parte de la superficie impresas, son características que parecen marcar la tendencia de “dárselo todo hecho al

profesor” (Perales Palacios, 2006).

Sin embargo, diversas investigaciones muestran que estos libros están elaborados prestando poca atención a la naturaleza de la ciencia, a las formas de construcción y validación del conocimiento científico, al contexto social y tecnológico de la ciencia, y a la utilidad del conocimiento científico en la vida cotidiana de los estudiantes (Prat e Izquierdo, 2000; Martins y Brigas, 2005). Esto tiene implicaciones importantes en los procesos de enseñanza considerando que la mayoría de los docentes suelen basarla en los libros de texto: éstos definen la secuencia de contenidos a enseñar, guían el tratamiento conceptual, definen el nivel de profundidad en el tratamiento de los contenidos y son la principal fuente de ejemplos, aplicaciones, experimentos, preguntas de evaluación, e información para los docentes (Martins y Brigas, 2005).

Así, los profesores y profesoras suelen seguir sus propuestas explícitas pero también, aunque de manera inadvertida, aquello que está implícito. Es decir, sus lineamientos epistemológicos y didácticos, así como su estructura conceptual-teórica, ya que en general no son conscientes de estos aspectos que contiene el libro.

Desde la perspectiva sociológica, Martínez Bonafé (2008) destaca que los libros de texto son, en general, una herramienta de trabajo que ha sido pensada y elaborada por otros, con una determinada intencionalidad cultural, social y política. Coloca al lector en una situación alienante, ya que éste no deberá aprender desde sus experiencias y saberes, sino desde una perspectiva universalista y enciclopédica de la cultura y los conocimientos, siendo éstos estáticos, acabados y cerrados, sin incertidumbres ni reconstrucciones críticas. Así, los libros de texto resultan funcionales al papel docente de aplicador acrítico de las prescripciones oficiales y los describe como una “específica y dominante forma de presentación y concreción del curriculum” (p. 62). Sus características, que a pesar de la gran oferta editorial, son similares en todas sus variantes, “sustraen a los docentes de la responsabilidad de la reflexión y planificación de sus tareas” (p. 69).

En este sentido, esta investigación pretende aportar una herramienta de análisis de aspectos no siempre explícitos en los libros, que pueda ser útil para promover una mirada crítica de los docentes sobre los mismos.

### 2.1.2 Los libros de texto como textos didácticos

Se considera a los libros según la definición de Prat e Izquierdo (2000):

“... entendemos como texto didáctico el conjunto de materiales escritos que se utilizan en el aula para enseñar y aprender a lo largo de una secuencia didáctica, y que tienen como función prioritaria proporcionar información nueva y facilitar su asimilación para progresar en la construcción del conocimiento” (p. 74).

Se puede considerar a la propuesta del libro de texto como la materialización de un discurso didáctico, ya que está estructurado con la intención de que los contenidos que presenta sean aprendidos (Marzábal Blancafort e Izquierdo, 2013).

Más allá de que los libros de texto estén escritos con la intencionalidad específica de ser una herramienta para el aprendizaje, es el docente quien actúa como mediador entre el texto y el estudiante, ya que comúnmente estos textos suelen presentar dificultades de diversos tipos. Entre ellas, interesan en el presente trabajo, aquellas vinculadas estrechamente a los aspectos conceptuales. Las mismas radican en que en la transposición didáctica que se realiza, para acercar los contenidos a la experiencia de los estudiantes, se suelen realizar simplificaciones conceptuales sin una adecuada vigilancia epistemológica, lo que puede llevar a la presencia de ideas carentes de precisión conceptual. La presencia de estos atajos reduce el camino de construcción conceptual de tal manera que el proceso de aprendizaje suele volcarse a la memorización mecánica y a la construcción de ideas erróneas, más que a la comprensión. De esta manera se oculta el proceso de construcción del conocimiento científico, mostrando una imagen de ciencia muy alejada de los modelos propuestos por las corrientes epistemológicas actuales.

Respecto a la naturaleza del conocimiento científico, Niaz (2005) menciona la estructura discursiva, que Schwab denominó “retórica de conclusiones”, con la cual los libros de texto muestran a la ciencia:

*...muchos autores de textos tratan de presentar lo tentativo como definitivo, sin explicar cómo se llegó a determinadas conclusiones bajo ciertas premisas, interpretaciones y evidencias. Así que, en lugar de convencer al estudiante con argumentos, los textos simplemente les presentan la opinión de alguna autoridad científica, para concluir: ‘todo el mundo cree que ésta es la verdad’. Ante esta disyuntiva los estudiantes*

*tienen pocas alternativas y en general terminan memorizando el contenido. (p.411)*

Siguiendo a Prat e Izquierdo (2000), se consideran las siguientes condiciones que deberían cumplir los textos didácticos:

- *“Aportar información nueva, completa y estructurada sobre el contenido temático en la secuencia en la que se trabaja de acuerdo con los objetivos fijados.*
- *Contener información relevante, es decir, que se puedan reconocer los vínculos con hechos de la vida cotidiana y su contexto natural y social.*
- *Posibilitar una elaboración que implique la atribución de sentido y significado de manera personal.*
- *Razonar con la lógica de la disciplina.*
- *Imposibilitar, por sus características, la simple reproducción mimética de su contenido por parte del alumnado. El texto ha de servir para adquirir maneras nuevas de actuar relacionadas con la temática del texto.*
- *Dar al alumnado la oportunidad de que dialogue con el texto, que se traduce en reflexionar, analizar, relacionar informaciones, buscar soluciones, plantear interrogantes...que sea, en definitiva, un material que ayude a provocar conflictos cognitivos tanto individualmente como en grupo.” (pp. 75 -76)*

### **2.1.3 Estado del arte sobre investigaciones de libros de texto de ciencias**

Una de las líneas de investigación en didáctica de las ciencias se dedica al análisis de los libros de texto aportando elementos y criterios potencialmente útiles para que los docentes puedan seleccionar los más adecuados a los objetivos educativos propuestos, así como proceder de manera optimizada en su utilización para lograr un aprendizaje significativo por parte de los estudiantes.

La investigación sobre libros de texto se ha abordado desde muy distintas perspectivas. Perales Palacios (2006) ha propuesto una división categorial en este campo que, aunque no es exhaustiva, permite organizar y categorizar las distintas investigaciones relevadas y los diversos enfoques que se han adoptado. Estas categorías para el análisis de libros de texto son:

1. *Características formales:* Número de páginas, capítulos, extensión de los

capítulos, encuadernación, uso de color, etc.

2. *Características de su contenido*, que se puede subdividir en:

2.1 *Naturaleza del contenido*

2.1.1 *Contenido científico*

Por ejemplo, rigor conceptual y metodológico (García, M. B. y Moro, L. E., 2004), adaptación al currículum oficial (Calvo Pascual, M. A. y Martín Sánchez, M., 2005), abordaje de la Historia y Filosofía de la Ciencia (Niaz, M. y Coştu, B., 2013; Niaz, 2005), tratamiento de cuestiones socio-científicas y temas controversiales, (Caravita, S. y Valente, A. 2013), estudio histórico: aparición, tratamiento y propósito de enseñanza de un contenido (cambios físicos y químicos) (Palmer, B., & Treagust, D. F., 1996), presentación de definiciones (Raviolo, 2008), ideas del profesorado y en libros de texto acerca de los conceptos de material, sustancia, sustancia simple y compuesta (Furió y Domínguez, 2007a).

2.1.2 *Contenido didáctico*

Por ejemplo, transposición didáctica del contenido (Solarte, M. C., 2006), grado de complejidad cognitiva (habilidades cognitivas), rol de las preguntas, análisis de actividades propuestas (ejercicios, proyectos, actividades experimentales, resolución de problemas, etc.) (Barros, S. G., & Martínez, C., 2003; Marzábal Blancafort, A., 2012), modelización y uso de analogías (Fernández González J., González González B.M., Moreno Jiménez T., 2005; Orgill, M.K., 2013).

2.2 *Formato en que se presenta el contenido:*

2.2.1 Verbal

Por ejemplo, estructura del texto y comprensión (Campanario, J.M. y Otero, J., 2000), tipologías textuales (Muspratt, S. y Freebody, P., 2013), estructuras retóricas (Izquierdo, Márquez & Gouvêa 2006, 2008; Izquierdo, M., 2005; Marzábal Blancafort, A., 2010; Hernández Silva, 2011)

2.2.2 Visual

Por ejemplo, tipos de elementos pictóricos, integración con el texto,

localización de las ilustraciones, papel de las ilustraciones en la secuencia didáctica, adecuación de las ilustraciones (Perales Palacios F. J., y Jiménez Valladares, J., 2002.)

Cabe aclarar que el abordaje de los aspectos didácticos no puede realizarse independientemente de los aspectos del contenido disciplinario. De la misma manera los formatos de presentación verbal y visual también dependen de los contenidos científicos. Con este criterio, en muchas de las investigaciones relevadas se estudia más de una de las categorías anteriores de manera simultánea y relacionada. Por ejemplo, en el análisis secuencial realizado por Jiménez Valladares y Perales Palacios (2001) se investiga la distribución y rol de las ilustraciones en la secuencia didáctica con el fin de caracterizar el perfil didáctico de los libros de texto. Por otro lado, Dimopoulos y Karamanidou (2013) abordan el análisis de elementos textuales que sugieren y refuerzan una postura epistemológica: concepción de ciencia y de ciencia escolar (estática y absoluta versus dinámica y sujeta a negociación de significados). Otro ejemplo es el de Raviolo, Garriz y Sosa (2011) quienes realizan una discusión conceptual, histórica y didáctica de dos conceptos centrales de la química: sustancia y reacción química.

La tesis doctoral de Hernández Silva (2011) aborda el estudio de aspectos conceptuales, retóricos y semióticos en torno al tema Ondas en libros de texto, abordando tanto el contenido científico como el didáctico, en formato verbal y visual. Desde perspectivas teóricas similares, la tesis de Marzábal Blancafort (2010) estudia los estilos didácticos de libros de texto de química. La tesis de Merino Rubilar (2009) realiza una caracterización del modelo de Cambio Químico escolar, analizando, entre otros objetos de estudio, libros de texto desde perspectivas retórica y semiótica. Uno de los aspectos del trabajo de Furió y Domínguez (2007a) es la investigación de deficiencias conceptuales presentadas en libros de texto referentes a la conceptualización de material, sustancia, sustancia simple y compuesta, y reacciones químicas. Estas últimas cuatro investigaciones han servido de referencia principal para la elaboración del presente trabajo de investigación.

## **2.2 ACERCA DE LOS ASPECTOS SEMIÓTICOS**

Interesa estudiar a los libros de texto desde la perspectiva semiótica ya que se los

considera un conjunto organizado de signos cuyo fin es la comunicación de determinados significados acerca de los contenidos. Los aspectos semióticos corresponden al conjunto de signos, en todas sus formas, donde se relaciona un significado expresado en una idea, con un significante. El estudio de los aspectos semióticos implica el análisis de los diferentes recursos que utilizan los autores para enunciar los contenidos comunicando significados con la finalidad de ayudar a la construcción de los conocimientos, es decir, lograr un aprendizaje.

Se incluyen en este apartado desarrollos sobre semiótica social, la multimodalidad de los recursos semióticos y su vinculación con los modelos en ciencias.

### **2.2.1 La semiótica social como fundamento teórico para la comunicación en ciencias**

En el marco de las teorías socioculturales constructivistas, se concibe al aprendizaje como una construcción personal mediada por la interacción con otros, en un proceso de comunicación que permite la negociación de significados. Específicamente, cuando enseñamos ciencia estamos en una situación de comunicación y el libro de texto es uno de los elementos comunicativos más importante en el acto educativo formal. A veces esta comunicación es exitosa pero muchas veces no, y esto es debido a que, entre otros factores, entre expertos y novatos existe sólo un pequeño espacio de códigos compartidos (Asinsten, J. C., 2010).

La comunicación no se reduce simplemente a transmitir signos y señales, sino que, siguiendo las ideas de Lemke (1997), se trata de la "creación y manipulación" de situaciones sociales que se dan en una comunidad. Es decir, esos signos y señales no transportan significados como si fueran parte de su naturaleza, sino que adquieren sentido en un contexto social, por sí solos carecen de significado. Sólo sirven como señales que evocan los significados preexistentes: el receptor (estudiante) sólo puede comprender mensajes que se refieran a contenidos que ya conoce. Los integrantes de una comunidad se comunican fluidamente porque comparten las maneras de elaborar significados a partir de esos signos y señales. Es decir, nos comunicamos mejor con personas de nuestra comunidad, porque han aprendido a usar el lenguaje de la misma manera que nosotros. En cambio, cuando

lo hacemos con personas que usan el lenguaje de forma distinta a la nuestra, la comunicación se hace difícil.

Estas ideas tienen fundamento en la semiótica social (Lemke, 1997), síntesis teórica que se cuestiona acerca de cómo se construyen y utilizan los significados sobre las “cosas del mundo”. Un elemento fundamental dentro de la semiótica social son las *prácticas semióticas*, que son las acciones que poseen sentido específicamente dentro de una determinada comunidad. Estas prácticas se manifiestan con diferentes formatos: discurso verbal, dibujos, construcciones, gestos, entre otros, y se ajustan a determinados patrones de acción (porque se repiten muchas veces) que crean sentido para los integrantes de la comunidad de expertos. En el campo de la Química, las prácticas semióticas serán todas aquellas acciones (representaciones) especializadas que le dan sentido químico a los fenómenos del mundo. Estas prácticas semióticas, aparecen especialmente en los libros de texto como *recursos semióticos* que pretenden contribuir a la construcción de significado por parte de los estudiantes. Se trata de dibujos, diagramas, tablas, símbolos, descripciones, explicaciones, argumentaciones y expresiones matemáticas. Todos ellos son seleccionados y estructurados por el autor para materializar un determinado discurso, según un criterio que se considera adecuado para orientar la enseñanza y el aprendizaje. Esta concreción del discurso se realiza a partir de diversos modos semióticos, con el fin de promover la comprensión por parte del lector, como veremos en la siguiente sección.

### **2.2.2 La multimodalidad en la representación de los conceptos químicos**

La representación de los conceptos científicos en general, y químicos en particular, involucra la combinación de más de un modo de representación. Para hacer referencia a un concepto, por ejemplo el de disolución del cloruro de sodio en agua, se pueden utilizar diversos recursos semióticos: frases verbales (explicaciones y descripciones), dibujos o fotografías del proceso de disolución, gráficas de solubilidad en función de la temperatura, diagramas que muestren la interacción de los iones con las moléculas de agua, representación simbólica del proceso con fórmulas químicas, entre otros. Hablamos entonces de que la representación química es multimodal: puede ser verbal (textual), visual o simbólica-matemática.

Los conceptos son construidos por la suma de significados implicados en esta variedad de modos representacionales, por eso los conceptos científicos tienen naturaleza multimodal, y a los libros de texto se los considera *híbridos semióticos*. (Lemke, 1998). Cada modo semiótico aporta una significación particular, por ejemplo, las representaciones en modo visual permiten a los estudiantes establecer significados y expresar sus ideas de una manera que no sería posible hacerlo exclusivamente en el modo verbal. El modo visual de representación produce un significado diferente al que permite construir el modo verbal.

En los libros de texto los autores intentan comunicar un determinado significado de los contenidos expuestos, el cual se alcanza a partir del efecto combinado de las diferentes representaciones en diversos modos semióticos. Los diferentes modos de representación interactúan entre sí, para producir un significado global del contenido (Chen y Gilbert, 2009). Consecuentemente, en los libros de texto, la poca variedad de modos representacionales para un contenido dado constituye una debilidad en la posibilidad que brinda al lector de construir un significado apropiado, ya que expresa sólo una parte del significado.

Considerando que una de las causas de las dificultades en el aprendizaje de la química está relacionada con la inhabilidad para traducir y relacionar los distintos modos representacionales (Chen y Gilbert, 2009), es que resulta importante sondear estos aspectos en los libros de texto. Por ello, en esta investigación interesa una aproximación multimodal en la identificación y análisis, en cada libro de texto, de los distintos recursos semióticos que hacen referencia a y ayudan a construir un significado de Cambio Químico. Siguiendo la tesis de Marzábal (2010) se considerarán dos modos semióticos: el textual y el visual.

#### 2.2.2.1 Modo textual

Se puede definir el término *texto* desde una perspectiva cotidiana como “todas las realizaciones lingüísticas escritas e impresas” (Van Dijk, 1978, p.55). Este autor propone, desde el campo de la lingüística, una teoría para las *estructuras semánticas* de los textos, en la cual reconoce tres niveles de estructuras. Estas son *microestructura*, *macroestructura* y *superestructura*. La microestructura corresponde a las estructuras de las oraciones relacionadas localmente y su orden de conexión,

con progresión temática, de las ideas básicas del texto.

La macroestructura se refiere al orden jerárquico, complejo y globalizador de las proposiciones. La macroestructura permite no sólo la «comprensión» del texto, sino que además organiza la información en la memoria, dando coherencia a la microestructura. La microestructura provee las ideas elementales o básicas de un texto que se relacionan por la macroestructura para dar las ideas complejas o elaboradas. En palabras de Van Dijk (1978) La macroestructura de un texto es una representación abstracta de la estructura global de significado de un texto. La obtención de la macroestructura de un texto se realiza mediante la aplicación de macrorreglas que van a organizar la información compleja del texto, excluyendo información irrelevante y seleccionando la relevante, para ir determinando el *tema* del que trata el texto. Algunas de ellas son la omisión, la selección, la generalización y la integración (o construcción).

Finalmente, en un orden superior de organización, la superestructura se corresponde a los organizadores del discurso, son las estructuras globales que caracterizan al tipo de texto. Por ejemplo, la narración, independientemente del tema que trate, tiene una estructura formal que hace que se trate de una narración. Se trata de la forma esquemática en se organiza el significado global del texto (o macroestructura). Van Dijk (1978) reconoce en la superestructura de los tratados científicos, como una variante de las superestructuras argumentativas, una organización básica del discurso científico "...no sólo consiste en una CONCLUSIÓN y su JUSTIFICACIÓN, sino también en un PLANTEO DEL PROBLEMA y una SOLUCIÓN." (p. 164)

Se puede establecer una tipificación de los textos didácticos en relación a habilidades cognitivo lingüísticas: describir, definir, explicar, argumentar, entre otras. Éstas determinan, según cómo se utilizan, diferentes maneras de aprender los contenidos (Jorba, 2000), y por lo tanto su uso y desarrollo impactan en la construcción de significados.

Los textos didácticos escritos, en particular los de los libros de texto de ciencias, se consideran pertenecientes al modelo de expositivo: tienen el objetivo específico de transmitir información y hacerla comprensible (Prat, 2000) mediante un tratamiento didáctico. Álvarez Angulo (1996) considera la tipología textual "textos

explicativos-expositivos”, cuyo fin principal es expresar información e ideas. Sin embargo, los textos no son “puros” desde este punto de vista: un texto expositivo puede contener secuencias o elementos de tipo narrativo, descriptivo, instructivo, explicativo y argumentativo. En los libros de texto suelen aparecer estas tipologías intercaladas en su discurso, con preponderancia de algunas sobre otras.

Los textos científicos utilizan procedimientos de todas las tipologías (se describe, se explica, se define, se argumenta, etc.), pero lo singular es que en ellos se relacionan “acontecimientos (hechos reales aislados) con ideas (corpus de conocimientos construidos en ciencias)” (Prat, 2000).

Respecto a las características del tipo de textos que se analizan en esta tesis se ha de tener en cuenta que los libros pretenden sobre todo informar, aportar conocimientos, transmitir saberes. Esto ocurre en una situación de comunicación determinada, en la que el autor y el lector no coinciden ni en tiempo ni en espacio. En función de esta situación especial de comunicación, y asumiendo que el lector generará sus propios significados articulando sus propios saberes con los que le sugiere el texto, es que el contenido del mismo se organiza según un esquema determinado. En consecuencia, la forma del texto presenta también características específicas que le dan una coherencia y cohesión necesaria para que el lector pueda aprender a partir de su lectura, por ejemplo: uso de conectores lógicos, elección de tiempos verbales concretos, selección del léxico y sintaxis, ejemplificaciones, reformulaciones, estilo objetivo, entre otros (Solaz-Portolés y Moreno Cabo, 2009; Álvarez Angulo, 1996).

Estos aspectos de los textos interesan porque aportan elementos para el análisis de los libros en cuanto a cómo se atribuye significado a las estructuras conceptuales que los libros presentan mediante los recursos en modo textual.

Se ha de tener en cuenta que la construcción de significados no se realiza únicamente a partir de la información en modo textual que presentan los libros. Como se dijo anteriormente, los textos de ciencias son básicamente textos multimodales, permitiendo construir significados a través del procesamiento integrado de recursos textuales y visuales. A continuación se describen estos últimos.

### 2.2.2.2 Modo visual

El modo visual comprende, en la presente investigación, aquellos recursos denominados *inscripciones*, todas aquellas representaciones visuales (no textuales) (Han y Roth, 2005) que los libros de texto utilizan para complementar la información ya dada de manera textual: fotografías, dibujos, esquemas, tablas, diagramas, ecuaciones y fórmulas químicas, entre otros. Las inscripciones incluyen recursos comunicativos puramente icónicos, así como recursos híbridos que integran imágenes y texto, y también recursos que incluyen solamente texto, pero en los cuales la ubicación del mismo aporta información complementaria, por ejemplo un esquema, una tabla, un mapa conceptual (Marzábal Blancafort, 2010).

Las funciones que pueden cumplir las inscripciones en los libros de texto son variadas. Perales Palacios y Jiménez Valladares (2002) proponen una clasificación basada en la finalidad de las imágenes:

- A. *“Decorar los libros, es decir hacerlos más atractivos para despertar el interés en los lectores.*
- B. *Describir situaciones o fenómenos basándose en la capacidad humana de procesar la información visual y su ventaja frente a los textos escritos.*
- C. *Explicar situaciones o fenómenos. En este caso las ilustraciones no sólo muestran el mundo sino que lo transforman con la intención de evidenciar relaciones o ideas no evidentes por sí mismas, a fin de facilitar su comprensión por parte del lector.”*

En la ciencia, el uso del modo visual adquiere una importancia altamente reconocida en la construcción conceptual. Las representaciones visuales presentan eventos y hechos capturando su carácter topológico y dinámico. Esto no puede lograrse con las representaciones textuales, por lo tanto la ciencia no puede comunicarse sólo verbalmente, los conceptos científicos no son verbales exclusivamente. (Lemke, 1998)

Cuando se lee un libro de texto, las inscripciones favorecen en los lectores la construcción de un modelo mental, contribuyendo a mejorar la comprensión. Paivio y

Clark (1991), con su hipótesis de codificación dual, proponen que las estructuras mentales (conceptuales) consisten en redes de representaciones verbales y no verbales (entre ellas las visuales) interconectadas. Esto quiere decir que la información puede ser codificada como conocimiento en la memoria de largo plazo tanto de forma verbal como no verbal. Entre los elementos de estos distintos dominios existen conexiones denominadas conexiones referenciales. Por ejemplo la palabra “perro” está conectada a una imagen de un perro. Respecto a la recuperación de información, este modelo teórico propone que la información codificada doblemente (visual/verbal) puede recuperarse de la memoria de largo plazo más fácilmente que la codificada únicamente en un formato. “Así, este psicólogo explica que las palabras concretas (como por ejemplo caballo, botella o agua) se recuerdan mejor que las palabras abstractas (como por ejemplo deducción, justicia o teoría), porque las primeras pueden codificarse de dos maneras: como imágenes y como conceptos.” (Solaz-Portolés y Moreno Cabo, 2009, p. 88).

Respecto a la influencia de las imágenes en el aprendizaje de los estudiantes, Perales Palacios y Jiménez Valladares (2002) mencionan la investigación de Levie y Lentz sobre 55 trabajos enfocados en este aspecto. En síntesis, sus conclusiones mostraron que las ilustraciones mejoran el recuerdo y facilitan la comprensión de textos en los que se describen las relaciones entre diversos elementos siempre que aquéllas muestren esas relaciones. Ahora bien, cuando son complejas, requieren una ayuda suplementaria para poder interpretarlas y beneficiarse de ellas. De hecho, la comprensión de las inscripciones que aparecen en los libros de texto requiere del conocimiento de las reglas y formatos sintácticos que los autores de los libros utilizan en su elaboración. La semiótica de las inscripciones establece que la lectura de las mismas exige el conocimiento de un código de carácter específico. En el ámbito de la Química en particular hay múltiples ejemplos de inscripciones con códigos sintácticos complejos y altamente específicos. Por ejemplo: “esquemas con partículas, coordenadas de reacción, diagramas de energía, etc., son altamente simbólicos, ya que representan una realidad inobservable modelada.” (Galagovsky y Bekerman, 2009, p. 957).

Han y Roth (2005) proponen en su trabajo tres tipos de “inscripciones químicas”: inscripciones macroscópicas, correspondientes a los aspectos perceptibles y/o

medibles de los fenómenos, experimentos y experiencias, inscripciones submicroscópicas, correspondientes a representaciones de átomos, moléculas e iones, e inscripciones simbólicas correspondientes a fórmulas y ecuaciones químicas. Estos tres niveles de representación de conceptos químicos originalmente aportados por Johnstone (1982, 1991, 1993) se desarrollan en profundidad en el apartado 2.3.3.

Respecto a los *diagramas* e *ilustraciones*, Solaz-Portolés y Moreno Cabo (2009) recomiendan en un estudio sobre la comprensibilidad de los libros de texto, que los textos tendrían que:

- *“Dar a conocer las convenciones que se han empleado en la construcción de diagramas.*
- *Explicar convenientemente los diagramas.*
- *Interconectar los diagramas con el resto de la información proporcionada en el texto.*
- *Proponer actividades de aprendizaje (cuestiones, problemas, etc.) para trabajar los diagramas.*
- *Proporcionar a los estudiantes las explicaciones oportunas para diferenciar modelo científico (boceto conceptual de objetos cuya existencia se asume y que forman parte de al menos una teoría), diagrama de un modelo científico (Modelo expreso) (construcción física utilizada para representar un modelo científico), y observación de la realidad física.” (pp. 103-104)*

### **2.2.3 Modelos: representaciones en la educación científica**

Tomando la definición de modelo de Justi (2011, 2006), modelo como una representación parcial de una entidad: objeto, evento, proceso o idea, creada con un propósito específico y plausible de modificaciones, se puede deducir la vinculación entre el concepto de *modelo* en ciencias con el de *recurso semiótico*. Ambos comparten, aunque desde enfoques diferentes, el carácter *representacional*, y ello justifica la inclusión de los “modelos” en la sección dedicada a los aspectos semióticos. La idea de representación posee una importancia esencial en la Química, aunque no siempre durante su enseñanza queda debidamente aclarada.

Gilbert y Treagust (2009) plantean que quizás toda clase de química debería comenzar mostrando la pintura de René Magritte "*Ceci n'est pas une pipe*" ("*Esto no es una pipa*") que muestra el dibujo de una pipa y que lleva la aparentemente contradictoria inscripción antes citada, queriendo significar que la pintura no es una pipa sino una imagen de la misma. Esta obra de arte es útil para sintetizar la significación de las representaciones en la química.

Ahora bien, la cualidad de representación de los modelos se refiere no simplemente a la expresión de aspectos visuales de la entidad a modelizar, sino a la creación de abstracciones a partir de dicha entidad. Se tratan de representaciones parciales porque los modelos no son la realidad ni son una copia exacta de la realidad. Aquí es fundamental comprender la separación entre lo fenoménico y lo nouménico<sup>2</sup>: una representación está hecha a partir de la entidad representada pero no es idéntica a ella (Justi, R., Gilbert, J.K., 2002). Un modelo representa determinados aspectos (visibles o no visibles) de la entidad, y en este sentido los modelos siempre son limitados en su función de representación. En otras palabras, una misma entidad puede representarse con diversos modelos, cada uno de ellos enfatizando un determinado aspecto de la misma.

Los propósitos de los modelos son: simplificar entidades complejas, ayudar a comunicar y visualizar ideas abstractas, fundamentar la interpretación de fenómenos, mediar entre la teoría y la realidad (lo observable). En este sentido, los modelos son especialmente necesarios en la química, debido a que se trata de comprender y representar entidades de naturaleza abstracta y compleja.

Sintetizando, la finalidad general de los modelos es explicar, y sobre todo predecir. Al respecto Martínez y otros (2012) afirman: "Hay que recordar que la explicación es una de las más significativas características de las ciencias..., pero que en determinados casos aun sin poder del todo explicar, una buena parte de su prestigio radica en predecir." (p. 363).

Cuando hablamos de modelos en ciencias y en enseñanza de las ciencias es necesario dejar establecidos a priori sus diferentes estatus ontológicos. Para ello se

---

<sup>2</sup> La cosa en sí, su existencia por fuera de cualquier representación. Lo pensado, lo que se pretende decir, lo no fenoménico, no perceptible.

toman las definiciones aportadas por Gilbert, Boulter y Elmer (2000):

Los *modelos mentales* son representaciones personales y privadas creadas por los individuos (solos o en grupo), las cuales son inaccesibles a los demás. Se trata de “representaciones cognitivas internas, usadas para razonar sobre los fenómenos, y para describirlos, explicarlos, predecirlos y a veces controlarlos” (Buckley y Boulter, 2000, p. 120), definición basada en la teoría de los modelos mentales de Johnson-Laird.

Los *modelos expresos* son las versiones públicas de los modelos mentales. Los modelos expresos son artefactos humanos y son por lo tanto inmensamente y arbitrariamente variables. Si ese modelo expreso es aceptado en común por una comunidad será un *modelo consensuado*. En el caso particular de un modelo expreso que ha ganado la aceptación de la comunidad científica a través de pruebas experimentales formales y la publicación en revistas de referencia, se tratará de un *modelo científico*. Los modelos científicos de contextos históricos y superados por modelos más actuales se llaman *modelos históricos*. Las versiones, generalmente simplificadas, de los modelos científicos que forman parte de los currículum formales, se denominan *modelos científicos escolares* (modelos curriculares). Las representaciones creadas con el objetivo específico de enseñar un modelo curricular se denominan *modelos de enseñanza*, por ejemplo: dibujos, objetos concretos, simulaciones, analogías.

Boulter y Buckley (2000) proponen una gran diversidad para los *modos de representación* de los modelos expresos, algunas de las cuales se solapan con las categorías dadas anteriormente para los modos de representación de los recursos semióticos:

El *modo concreto* consiste en objetos 3D de materiales concretos (metal, plástico, madera, etc.), por ejemplo, los modelos moleculares de plástico.

El *modo verbal* consiste en los modelos expresados mediante el discurso escrito u oral utilizando descripciones, explicaciones, narraciones, argumentaciones, metáforas y analogías. Por ejemplo “El corazón es una bomba”.

El *modo matemático* consiste en expresiones matemáticas: fórmulas y ecuaciones.

El *modo visual* usa formas gráficas pictóricas: dibujos y diagramas, animaciones y

simulaciones.

El *modo gestual* consiste en acciones corporales, por ejemplo, un movimiento de las manos, sistema solar hecho con niños moviéndose.

Estos modos pueden combinarse para incrementar la potencia explicativa del modelo. Por ejemplo, un dibujo (modo visual) acompañado por una descripción (verbal) de sus partes y relaciones entre ellas.

## **2.3 ACERCA DE LOS ASPECTOS CONCEPTUALES**

Los aspectos conceptuales se refieren a la selección, estructuración, jerarquización y transformación del contenido científico con el propósito de ser aprendido por parte del estudiante. Se introducen a continuación definiciones y categorizaciones sobre los conceptos en general, y los conceptos químicos, en particular.

### **2.3.1 Conceptos y estructuras conceptuales**

Tomando las definiciones de Thagard (1992) se considera a los conceptos como entidades mentales, abiertas, que se aprenden (no innatos). Se los puede considerar como *prototipos* carentes de condiciones definidas de forma. Este autor adhiere a la concepción de que el conocimiento puede ser organizado en estructuras conceptuales llamadas “marcos”, en los cuales se establecen relaciones de parte-todo y de clase, así como relaciones de regla entre los conceptos. Las primeras establecen jerarquías dentro del sistema conceptual y reflejan cuestiones ontológicas fundamentales como ser ¿Qué clases de cosas existen? ¿Cuáles son los objetos de que están hechas esas clases de cosas? Las segundas son usadas en deducciones, explicaciones y resolución de problemas, mostrando cómo los conceptos pueden formar parte de teorías, ya que algunas de estas reglas expresan relaciones causales.

Según este mismo autor los conceptos juegan varios roles por cuanto permiten realizar varias acciones cognitivas sobre los objetos del mundo: identificar las clases de cosas que existen y categorizarlas, aprender sobre ellas, memorizar cosas acerca de ellas, realizar inferencias deductivas e inductivas sobre las mismas, explicarlas, resolver problemas relacionados a dichas cosas, realizar generalizaciones, realizar inferencias analógicas, comprender el lenguaje y producir lenguaje. Además, sugiere

que los conceptos se forman a partir de dos caminos principales: aprendiendo a partir de ejemplos y combinando conceptos ya existentes.

### **2.3.2 Conceptos teóricos y conceptos fenomenológicos**

Las teorías científicas están estructuradas en base a unas determinadas estructuras conceptuales, las cuales se corresponden con un determinado modelo teórico plasmado en una serie de ideas básicas que dan cuenta de los fenómenos en términos de entidades teóricas. Estas ideas básicas estarán construidas con los conceptos necesarios y suficientes para darle al modelo teórico su capacidad explicativa. Estos conceptos pueden clasificarse según dos categorías: los términos fenomenológicos y los términos teóricos. (Flores Camacho y Gallegos Cazares, 1993)

Los *términos fenomenológicos*, aquellos que están directamente vinculados a la observación de fenómenos, es decir a la experiencia sensorial de los sujetos, por ejemplo: reacción química, sustancia, masa, temperatura, energía, precipitado. Estos conceptos son descriptores de la experiencia, suceso o fenómeno y solo cobran significación si el sujeto interacciona de alguna manera con dichos fenómenos o se pueden reconocer de otras experiencias directas. Los *términos teóricos*: conceptos que solamente adquieren sentido en el marco de un modelo teórico, sirven para dar coherencia a las explicaciones acerca de los fenómenos. Son los referentes estructurales de las teorías científicas, por ejemplo: átomos, moléculas, enlaces químicos. Estos conceptos, si bien son constructos teóricos y abstractos que guardan relaciones lógicas y formales dentro del modelo teórico, solamente cobran significación dentro de las relaciones precisas que pueden establecerse con los términos fenomenológicos. Estas relaciones permiten hacer deducciones, predicciones, plantear y poner a prueba hipótesis.

Vale mencionar, sin embargo, que la distinción entre conceptos teóricos y fenomenológicos u “observacionales” no es absoluta en algunos casos, ya que los avances tecnológicos brindan mejores instrumentos que permiten transformar una entidad teórica en observacional, como ser la microscopía electrónica que hizo que el concepto teórico “gen” se reconvirtiera en “secuencia de ADN” (Thagard, 1992).

La construcción de un modelo conceptual requiere de la continua interacción con

fenómenos y del establecimiento de nuevas relaciones entre conceptos, para ampliar el dominio explicativo de la teoría. La manera en que los libros de texto tratan los hechos y la teoría, estableciendo explícitamente (o no) las relaciones entre los conceptos teóricos y conceptos fenomenológicos, pueden permitir caracterizar el modelo conceptual propuesto. Si la estructura conceptual del texto presenta preponderancia de entidades teóricas sin vinculación o sin explicitación de los fenómenos a los que se pueden aplicar, se trata de un modelo *parcial teórico*. En cambio, si la estructura conceptual se basa en conceptos fenomenológicos presentando relaciones entre variables pero sin vincular con conceptos teóricos, el modelo conceptual será *parcial fenomenológico*. Un *modelo completo*, considera ambos tipos de conceptos y los pone en relación de manera que tiene potencial explicativo y predictivo para nuevos fenómenos. (Marzábal, 2014)

### **2.3.3 Tres niveles para “pensar” los conceptos químicos**

Un aporte significativo a la enseñanza de la Química fue hecho por Johnstone (1982, 1991, 1993) quien propuso que las ideas y conceptos químicos se pueden describir en tres niveles de representación.

El primer tipo de representación se denomina nivel *macroscópico* y corresponde a representaciones mentales construidas en base a la experiencia sensorial directa sobre la materia y los procesos que sufre. Se trata de la representación de las propiedades empíricas, perceptibles y, algunas de ellas, plausibles de ser medidas en el laboratorio y en la vida cotidiana: masa, densidad, concentración, pH, temperatura, etc. (Gilbert y Treagust, 2009).

El segundo tipo de representación corresponde al nivel *submicroscópico*. En la disciplina Química se desarrollan modelos explicativos para los fenómenos descritos a nivel macroscópico, pero las entidades que componen esos modelos son demasiado pequeñas para verlas al microscopio óptico: se trata de partículas tales como átomos, moléculas, iones, radicales libres. La representación de estas entidades se puede realizar con diversos modelos expresos. En el modo visual: dibujos, diagramas, animaciones y simulaciones dinámicas en dos dimensiones, por ejemplos dibujos de esferas para representar los átomos, las moléculas y los iones. En el modo concreto en: objetos en tres dimensiones, como ser bolas y palillos para

construir representaciones de moléculas.

El tercer tipo de representación, el nivel *simbólico*, involucra formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, etc. Por ejemplo, las formulas químicas para indicar la composición de las sustancias, las ecuaciones químicas para representar a las reacciones químicas, o las letras *s*, *l*, *g* y *aq* para indicar el estado de agregación de las sustancias.

## **2.4 ACERCA DEL CAMBIO QUÍMICO<sup>3</sup>**

En este apartado se analiza la centralidad del concepto de Cambio Químico en la disciplina Química recurriendo a su construcción histórica. A continuación, se presenta un análisis sobre el cambio Químico en los libros de texto y en la enseñanza. Además se presenta el Cambio Químico en los Diseños Curriculares. Finalmente se presenta la construcción de un modelo conceptual y didáctico de Cambio Químico que se utiliza en este trabajo como referencia para el análisis de los libros de texto.

### **2.4.1 El Cambio Químico en la disciplina Química.**

Distintos autores y libros de texto han propuesto diversas definiciones de Química incorporando desde términos más generales como “materia” y “transformaciones” hasta términos más específicos como “sustancias” y “reacciones químicas”. En esta tesis se considera, tomando las ideas de Raviolo, Garritz y Sosa (2011) y de Schummer (1998, 2004) que los conceptos de sustancia y reacción química son centrales a la definición de Química.

Una definición presentada por Garritz (2007) es la siguiente: “La química es el estudio integrado de la preparación, propiedades, estructura y reacciones de las sustancias.” A pesar de la aparente simplicidad de esta definición en la que aparece como eje central el concepto de sustancia, la misma encierra una complejidad que involucra al concepto de Cambio Químico como medular. Respecto a esto, desde la filosofía de la Química, Schummer (2004) plantea una pregunta central ¿La reacción química se define por el cambio de ciertas sustancias, o son las sustancias

---

<sup>3</sup> Se aclara que en este trabajo de tesis los términos Reacción Química y Cambio Químico se toman como sinónimos.

las que se definen por sus reacciones características? Este autor ha propuesto que la estructura conceptual de la química está formada por la combinación de sustancias y procesos en una red dinámica de relaciones, en la cual sustancias y reacciones químicas se definen mutuamente, tanto en el nivel experimental como en el teórico. Sin embargo, esta definición circular presenta dificultades para la enseñanza de la Química en la educación secundaria y primeros años de educación universitaria, en donde se opta por las definiciones macroscópicas (basadas en las propiedades físicas y químicas, composición y operaciones de purificación de muestras) y submicroscópicas (basadas en las partículas representativas y estructura de las sustancias) de ambos conceptos.

#### **2.4.2 La construcción histórica del Cambio Químico**

La evolución histórica en la conceptualización de los materiales, su composición y sus propiedades fue configurando distintas maneras de concebir las transformaciones de los mismos. Tomando como eje conductor las ideas expuestas por Furió y Domínguez (2007b), se analizan los saltos históricos cualitativos en las construcciones conceptuales que dieron lugar a la Química moderna. En esta tesis se consideran 4 modelos históricos: modelo aristotélico, modelo macroscópico de los siglos XVII al XVIII, modelo del átomo químico del siglo XIX y modelo del átomo físico del siglo XX.

##### *Modelo aristotélico*

Desde el paradigma aristotélico, que dominó durante dos mil años, hasta el siglo XVI, los diversos materiales terrestres estaban formados por una única materia cuyas cualidades provenían de la proporción en que estaban presentes los cuatro elementos: agua, fuego, aire y tierra, y tres principios (mercurio, azufre y sal). Así, todos los materiales se consideraban mezclas. Los gases eran considerados materia incorpórea, a diferencia de los líquidos y sólidos, que eran materia corpórea, por lo que no existía unicidad en el comportamiento de la materia. A Los cambios en los materiales se los explicaba a partir de la transmutación de un elemento en otro, formando una graduación continua en función de su intensidad. Por ejemplo, la *rarefacción*, transmutación del elemento agua en el elemento aire por acción del elemento fuego, era considerado un cambio débil. En cambio, las *combustiones* o

*calcinaciones* eran cambios más violentos.

La alquimia, cuyo origen se encuentra en Alejandría, incorporó aspectos filosóficos y místicos a las transformaciones de la materia mediante la transmutación de los elementos, además de perfeccionar los procedimientos y conocimientos químicos. Se inventaron y mejoraron aparatos y técnicas que luego fueron incorporados a la química moderna. Se crearon nomenclaturas y simbolismos para las distintas formas de materia y se describieron minuciosamente las operaciones, a partir de las cuales se comenzó a clasificar a los materiales según los procedimientos que se les pueden aplicar, es decir según los cambios a los que son susceptibles.

#### *Modelo macroscópico de sustancia, compuesto y cambio químico (siglos XVI al XVIII)*

Las ideas aristotélicas comienzan a cuestionarse el siglo XVI con la aparición de filósofos y químicos mecanicistas, como Boyle. Los avances en metalurgia y química medicinal aportaron la experimentación con operaciones químicas y criterios novedosos respecto a la composición de las sustancias y sobre los cambios que sufrían. En esa época se acepta la unicidad en la cualidad material de sólidos, líquidos y gases, al mismo tiempo que se acepta la existencia de diferentes gases. Estas prácticas experimentales permitieron a muchos químicos del siglo XVII y XVIII comenzar a pensar en sustancias que son más “elementales” que otras, que son más “compuestas” (Izquierdo, Sanmartí, Estaña, 2007). La materia ya no es pensada como la combinación de solo cuatro elementos y tres principios, sino que se la clasifica en *mezclas* (de sustancias), *cuerpos perfectamente mezclados* (las actuales sustancias compuestas) y *cuerpos perfectamente sin mezcla* (las actuales sustancias simples). Es decir, se asume que todas las mezclas pueden resolverse en sustancias simples y/o compuestas y “todas estas sustancias estarían formadas por un número determinado de elementos químicos, ahora ya con un carácter más realista y próximo a los referentes empíricos conocidos como «cuerpos simples» (Furió y Domínguez, 2007b). Estas definiciones de mezclas y sustancias simples y compuestas son operacionales y por lo tanto se reconoce su limitación vinculada a los desarrollos tecnológicos de la época. El término sustancia se define

operacionalmente como un cuerpo con determinadas propiedades específicas que sirven para identificarla.

Geoffroy presenta por primera vez el concepto de sustancia en 1718 mostrando ante la Real Academia de Ciencias de París (Raviolo, Garritz y Sosa, 2011), una tabla de “afinidades” construida empíricamente, en la que se presentan de manera ordenada las reactividades de una serie de sustancias. Su idea de reacción química se basaba en la explicación de los cambios como movimientos mecánicos (desplazamientos) según las afinidades entre sustancias, y que sucedían a través de la interacción entre ellas (Furió y Dominguez, 2007b). Esto permitió interpretar a los Cambios Químicos como combinaciones y descomposiciones. Así, las transformaciones de las sustancias, portadoras de “esencias” particulares, comienzan a observarse de una forma particular: ¿Qué es lo que hay antes? ¿Qué es lo que hay después? Es a partir de esta *química de las sustancias* (Izquierdo, Sanmartí, Estaña, 2007) que comienza a surgir la idea de que en los Cambios Químicos hay *algo que se conserva*, y que hoy está identificado como los *elementos químicos*.

Lavoisier realizó un aporte esencial que regirá, de allí en más, la interpretación de las transformaciones de la materia: la ley de conservación de la masa, la cual fue enunciada de la siguiente manera:

*...porque nada se crea en los procesos, sean éstos naturales o artificiales, y puede tomarse como un axioma que en todo proceso existe igual cantidad de materia, antes y después del mismo, permaneciendo constantes la cantidad y la naturaleza de los principios que intervienen, siendo todo lo que sucede, sólo cambios y modificaciones. Toda la técnica de las experiencias de Química se funda en este principio: debemos siempre admitir un balance o igualdad exacta entre los principios que constituyen el cuerpo en examen y los que forman los productos del análisis mismo. (Citado en Partington, 1945, p. 138)*

En este enunciado, no solo se afirma la conservación de la masa sino también la conservación de la *naturaleza de los principios o elementos*, “última etapa a la cual puede llegarse por análisis” (Citado en Partington, 1945, p. 146), que Lavoisier

entendía en el sentido de los elementos de Boyle<sup>4</sup>.

Dos fenómenos en particular se transformaron en ejemplos paradigmáticos para la construcción del concepto de Cambio Químico: las combustiones y la calcinación de los metales. El estudio cuantitativo sistemático de estos dos fenómenos fue uno de los aportes sustanciales a la construcción de la teoría del oxígeno de Lavoisier, que finalmente reemplazó a la teoría del flogisto de Stahl. Esta teoría es considerada una verdadera revolución conceptual, ya que cambió la estructura conceptual asociada a la concepción teórica de estos fenómenos. En ella, Lavoisier describió cómo la combustión y la calcinación, así como también la respiración, están sujetas a las mismas leyes y cómo se les puede dar la misma explicación: todas corresponden a la absorción o fijación de oxígeno (Thagard, 1992). Aún cuando su teoría se distancia en varios aspectos de la actual conceptualización de los Cambios Químicos correspondientes a estos fenómenos (el calórico como principio de calor presente en el aire, que explicaba la generación de calor en las combustiones), se considera que aportó un concepto más coherente y claro del Cambio Químico (Palmer y Treagust, 1996). A partir de la química moderna inaugurada por Lavoisier es que se refuerza una química analítica, en la que las reacciones químicas son el instrumento para determinar la composición de las sustancias (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997).

#### *Modelo del átomo químico (siglo XIX)*

Ahora bien, ¿cómo se vinculan las reacciones químicas con los átomos? Ante la idea de la conservación de los elementos se abre la posibilidad de pensar en que *eso que se conserva* son partículas irreducibles, las que hoy identificamos con los átomos. Dalton formuló en 1804 una hipótesis que identificaba a los *cuerpos simples* con átomos. “Sugiere que las combinaciones químicas se efectúan mediante unidades discretas, átomo por átomo, y que los átomos de cada elemento son idénticos” (Bensaude-Vincent y Stengers, 1997, p. 97). El concepto de átomo toma sentido cuando se trata de comprender *cómo es posible* que una sustancia sea

---

<sup>4</sup> En su libro *Sceptical Chemist*, Boyle (1661) define a los elementos como: “esos cuerpos simples y primitivos con los cuales, según se dice, están formados los mixtos, y en los cuales éstos últimos se resuelven, en definitiva” (Citado en Partington, 1945, p. 84).

substituida por otra (Izquierdo, Sanmartí y Estaña, 2007); aparece entonces el concepto de *átomo químico* (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2009). Surge así esta entidad química correspondiente a las “porciones de los elementos”, que es representada por los símbolos químicos. Así, la teoría atómica clásica de la materia interpreta submicroscópicamente los conceptos de *elemento*, *sustancias elementales*, *compuesto* y *reacción química*, así como la conservación de los elementos en este proceso. Esto permitió la escritura de las fórmulas de las sustancias, de las representaciones de los Cambios Químicos en forma de ecuaciones, así como la definición del concepto de *cantidad de sustancia*.

#### *Modelo del átomo físico (siglo XX)*

Hacia fines del siglo XIX los químicos comienzan a estudiar las sustancias con nuevos instrumentos de la Física, surgiendo así una nueva especialidad la “química física” (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2009). En la primera mitad del siglo XX se obtuvieron evidencias de la “real” existencia del átomo y fueron construyéndose diversos modelos de la estructura interna atómica. La teoría cuántica para modelizar al átomo se introduce en la Química para darle interpretación a las estructuras moleculares, los enlaces, la valencia y brindar una explicación al comportamiento químico de las sustancias. A partir de aquí, estos modelos atómicos van a servir para explicar los Cambios Químicos en términos de ruptura y formación de enlaces químicos por interacciones electrónicas. Esta “era” del *átomo físico* va a orientar, hasta hoy día, la forma en cómo se enseña la Química y cómo se organizan los contenidos en los libros de texto de Química. Particularmente, va a influir en cómo se presenta el tema Cambio Químico en ellos. En tal sentido, Izquierdo y Adúriz-Bravo (2009) afirman que desde Bohr y Lewis, la Química se volvió menos descriptiva y más teórica, ya que obtuvo una justificación teórica de la ley periódica. De esta manera, la Tabla Periódica se presenta como una organización de configuraciones electrónicas, la Química se centra en el *átomo físico*, y los Cambios Químicos se deducen de la teoría atómica. Sobre algunos de estos aspectos trata el siguiente apartado.

#### **2.4.3 El Cambio Químico en los libros de texto de nivel secundario y en la enseñanza.**

### *El Cambio Químico en los libros de texto*

El concepto de Cambio Químico es uno de los objetivos centrales a abordar durante la enseñanza de la Química en el nivel secundario (Solsona Pairó e Izquierdo Aymerich, 1999). En concordancia con esto, los libros de texto de química del ciclo básico de educación secundaria, en su mayoría, incluyen su definición y desarrollo conceptual. Sin embargo, en muchos casos los libros adolecen de imprecisiones conceptuales que potencialmente pueden llevar a concepciones alternativas acerca del Cambio Químico. Raviolo (2008) ha estudiado las definiciones de conceptos químicos en libros de texto de Argentina, entre ellas las de Cambio Químico. Ha encontrado que la mitad de las definiciones extraídas de los libros promueve directa o indirectamente la idea errónea de que en los Cambios Químicos las sustancias varían su apariencia pero mantienen su identidad, al hacer hincapié en la modificación de las propiedades. Asociada a esta idea, esta investigación ha hallado también que en algunos libros aparece la idea errónea de que sólo en los Cambios Químicos se modifican las propiedades específicas de las sustancias. Respecto al abordaje submicroscópico del Cambio Químico, esta misma investigación ha encontrado que en los libros suele considerarse a las sustancias, en general, como moleculares. Es decir, cuando se indica la formación de nuevas sustancias, se habla de formación de nuevas *moléculas*.

Furió y Dominguez (2007b) han estudiado qué ideas presentan los libros de texto acerca de los conceptos de sustancia y Cambio Químico, hallando que la gran mayoría de ellos: no introduce la noción macroscópica de sustancia, no diferencia empíricamente sustancia y mezcla a partir de las propiedades del sistema material en cuestión, no utiliza las propiedades específicas como método para caracterizar y también, separar las sustancias, no presenta la sustancia desde el punto de vista microscópico, como sistema formado por muchas partículas iguales, no presenta microscópicamente el concepto de mezcla según la teoría atómica, no expone que en los cambios físicos las sustancias no cambian, no presenta el concepto macroscópico de reacción química como cambio en el que desaparecen unas sustancias y aparecen otras nuevas, no establece el concepto macroscópico de elemento químico como un material básico cuya conservación permite explicar los cambios químicos, no explicita la diferencia entre cambio físico y proceso químico a

nivel microscópico, no diferencia entre la mezcla (proceso físico) y la reacción entre sustancias (proceso químico) ni expresa que la mezcla de los reactivos es necesaria pero no suficiente para que interaccionen las sustancias, no utiliza la teoría atómica para interpretar procesos químicos como reorganización de los átomos en casos sencillos de interés para el alumnado, entre otros.

Los aspectos fenomenológicos de los Cambio Químicos se suelen abordar mencionando irreversibilidad, cambios de color, producción de gases, formación de precipitados y desprendimiento o absorción de calor como criterios para reconocerlos (y diferenciarlos de los Cambios Físicos). Sin embargo no se suelen discutir las causas de estos fenómenos perceptibles ni su relación explícita con la formación de nuevas sustancias. En otras palabras, en la mayoría de los libros de texto, que guían y estructuran la enseñanza, el Cambio Químico no es estudiado en profundidad desde la perspectiva empírica, sino que se lo define desde el principio como una reorganización de átomos (Merino Rubilar e Izquierdo, 2011). Se introduce prematuramente un “mundo inasible” de entidades químicas: átomos, enlaces, moléculas, elementos para explicar diversos “hechos idealizados” que hacen referencia a ciertos fenómenos que sí suelen ser conocidos por los estudiantes desde su mirada cotidiana, por ejemplo, oxidaciones de clavos y combustiones de gas y madera. Pero ¿es tan obvio para los estudiantes que estos procesos tan distintos a simple vista responden a la misma explicación submicroscópica? Probablemente no, y esto aleja al estudiantado del mundo real porque “los átomos no se ven, los elementos tampoco, las sustancias puras casi no existen en el mundo que nos rodea y la reorganización de los átomos puede asimilarse a un juego de Meccano que, desde luego, no es un cambio químico.” (Merino Rubilar e Izquierdo, 2011, p. 213).

La mayoría de los libros describen con más detalle (pero no explican teóricamente) las características empíricas de varios ejemplos de Cambio Químico, cuando ya se ha “impuesto” su definición submicroscópica con anterioridad. Este tratamiento de diversos Cambios Químicos ejemplares se suele presentar en apartados dedicados a la clasificación de las reacciones químicas: reacciones de descomposición, de síntesis, ácido-base, rédox, entre otras. De esta manera, los fenómenos se describen en los libros de texto pero no suelen abordarse

teóricamente.

Por el contrario, los desarrollos teóricos suelen aparecer desvinculados de los fenómenos que la teoría pretende explicar. A tal respecto, la investigación llevada a cabo por Marzábal (2010) ha permitido evidenciar que los libros de texto de Química analizados presentan, en general, una construcción conceptual excesivamente teórica, desvinculada de los fenómenos del mundo real, y por lo tanto con poco poder explicativo y predictivo. En concordancia con estos resultados, Caruso y otros (1998) han analizado tres libros de texto de Química de educación secundaria editados en las dos últimas décadas del siglo XX, encontrando que el concepto de reacción química aparece definido como proceso en el cual “unas sustancias se transforman en otras, e inmediatamente se le asocia la idea de ecuación química, que es la que predomina en todo el texto.”

#### *Cambios Químicos versus Cambios Físicos*

Un aspecto fundamental a considerar es la definición de los Cambios Químicos como la contrapartida de los Cambios Físicos, que presentan muchos libros de texto de Química. Es decir, presentan esta distinción en pares contrastantes, definiendo a ambos conjuntamente y por contraposición. Al mismo tiempo, asumen, explícita o implícitamente, que *todas* las transformaciones de la materia pueden clasificarse bajo una de estas dos categorías.

Palmer y Treagust (1996) consideran que definir Cambios Químicos y Cambios Físicos de manera precisa por contrastación es dificultoso. Los autores afirman que estos conceptos no poseen una definición sencilla satisfactoria, aún cuando se han utilizado diversos criterios prácticos, aunque algunos inapropiados, para diferenciar ambos tipos de cambio: formación de nuevas sustancias versus no formación de nuevas sustancias; cambio en la masa versus conservación de la masa (criterio erróneo); irreversibilidad versus reversibilidad (existen excepciones), producción de energía en forma de luz o calor versus no producción de energía aunque sí cambios en formas de energía (existen excepciones).

Vale detenerse en el primero de estos criterios: en los Cambios Químicos se forman nuevas sustancias, mientras que en los Cambios Físicos las sustancias se conservan. Palmer y Treagust (1996) plantean que desde un punto de vista de la

enseñanza este criterio no es satisfactorio para los estudiantes novatos ya que deberían tener una considerable experiencia química para decidir si se formó o no una nueva sustancia. Por ejemplo, en la solidificación del agua, ¿cómo decidir si el hielo es la misma sustancia que el agua o si es otra sustancia distinta? De hecho, las propiedades físicas específicas del agua líquida y del hielo son diferentes. Poder afirmar que es la misma sustancia, pero en un estado de agregación diferente, requiere una explicación submicroscópica que haga uso del modelo atómico-molecular.

Aun aplicando estos modelos submicroscópicos, una pregunta válida es la que introduce Garritz (2007): ¿Cómo podemos asegurar que "unas sustancias se transforman en otras"? Para resaltar el límite difuso entre ambos tipos de cambio, este autor presenta algunos ejemplos. Entre ellos, la transformación alotrópica del grafito a diamante puede considerarse un Cambio Químico, dada la transformación estructural que se da: en el diamante cada átomo está unido covalentemente a 4 átomos vecinos, mientras que en el grafito lo hace a solo 3. Ambas especies contienen el mismo elemento (carbono), pero tienen propiedades físicas diferentes, aunque sus propiedades químicas son similares, como la reactividad frente a oxígeno para formar dióxido de carbono. Por otro lado, la vaporización del diamante, al ser un cambio de fase, es considerada como un Cambio Físico, a pesar de que implica un cambio estructural más notable que la transformación alotrópica, con ruptura de más enlaces covalentes.

Otro caso, en el que se puede discutir la naturaleza del cambio, es el de la disolución de compuestos iónicos en agua. Si los Cambios Químicos son aquellos en los que ocurren interacciones entre nubes electrónicas y un reordenamiento de electrones, y por ende de enlaces entre los átomos, la disolución de sal en agua, clásicamente considerada como un Cambio Físico, correspondería, desde esta perspectiva, a un Cambio Químico, ya que se forman enlaces nuevos al producirse la solvatación de iones (Palmer y Treagust, 1996).

Estos investigadores proponen varias hipótesis para la aparición y persistencia en los libros de texto de esta definición contrastante entre Cambio Químico y Cambio Físico:

- 1) *El concepto es un remanente de la teoría aristotélica de la materia,*

*retenido por el conservadurismo natural de los científicos.*

*2) La distinción entre cambio físico y químico en los libros es un artilugio pedagógico, que ayuda a los estudiantes a entender los conceptos relacionados.*

*3) El concepto puede ser ilustrado por un conjunto de experimentos excitantes e interesantes que le satisfacen a aquellos profesores que se ven a sí mismos orientados hacia el trabajo práctico.*

*4) El concepto es un ardid empleado por los químicos para definir la frontera entre química y física, con ventaja para la química, de tal forma que los jóvenes tiendan a seleccionar esta disciplina como objeto de estudio, en lugar de física.*

En concordancia con la hipótesis 2, Garritz (2007) cita a Glasstone, que en su libro de 1946 aclara que con el *propósito de su estudio*, los fenómenos naturales pueden dividirse en dos clases (físicos y químicos), enfatizando así el carácter convencional de esta clasificación.

Dada la vaguedad de la frontera entre Cambios Químicos y Cambios Físicos en ciertos fenómenos de transformación de la materia, se considera a esta clasificación como dos modelos extremos sobre el comportamiento real de la materia (Garritz, 2007), más válidos para algunos fenómenos, pero inválidos para otros.

Sin embargo, en el caso de que el modelo se ajuste con validez a un determinado fenómeno, poder discriminar con precisión si hubo un Cambio Químico o Físico necesariamente demanda por un lado manejar el reconocimiento empírico de sustancias y, por el otro, la comprensión de la Química a nivel submicroscópico.

En relación a esto, en los libros de texto suelen tomarse ciertas manifestaciones de ciertos sistemas particulares que cursan transformaciones, como criterios para afirmar que hubo un Cambio Químico (y no un Cambio Físico). Estas son: cambios de color, formación de precipitados, desprendimiento de gases, transferencias de calor. Por un lado, vale preguntarse ¿explicitan los libros que esas manifestaciones se deben a la formación de nuevas sustancias? Por otro, se ha de tener especial cuidado con alguno de estos criterios, como con la transferencia de calor, que

también ocurre en procesos en que no se forman nuevas sustancias, por ejemplo al mezclar agua y alcohol etílico.

Así, varios autores (Garritz, 2007; Gensler, 1970, Tsarpalis, 2003) consideran que realizar la distinción entre Cambio Químico y Físico en la enseñanza inicial de la Química, proponiendo a los estudiantes realizar una clasificación de fenómenos bajo esta dualidad, sólo con las consideraciones empíricas generales de ambos modelos para diferenciarlos, no es recomendable. Se requiere de un conocimiento químico experto para poder analizar las transformaciones de la materia y llegar, cuando es posible, a una conclusión unívoca acerca de su naturaleza que permita encasillarla en una de estas dos categorías.

### *La enseñanza de la Química y el Cambio Químico*

Muchas de las características de los libros de texto descritas anteriormente se ven reflejadas en la propia práctica docente, que sigue generando un problema altamente difundido en la educación secundaria: el aspecto más explotado en la enseñanza de las reacciones químicas suele ser la ejercitación de la escritura simbólica. Se aprenden las ecuaciones químicas pero en ausencia de Cambios Químicos. Los estudiantes aprenden a formular y nombrar sustancias, plantear ecuaciones y realizar cálculos con ellas, pero no aprenden el concepto de Cambio Químico. La enseñanza de la Química en la escuela secundaria suele iniciarse con un marcado énfasis en diversos temas centrados en la teoría atómica y en la representación simbólica de sustancias y reacciones cuya percepción real no se suele colocar al alcance de los estudiantes. De esta manera, los fenómenos y problemas que la Química pretende explicar y predecir quedan ocultos, no se enseñan. Se puede afirmar que el eje de la disciplina escolar está desafortunadamente corrido hacia la enseñanza memorística y atomizada de conceptos que carecen de significado para el alumno e inclusive para muchos docentes, ya que no encuentran una conexión con los fenómenos del mundo real. Se deja de lado el objetivo de tratar de explicar fenómenos con los conceptos químicos, olvidando que los conceptos científicos se han construido y se siguen construyendo para dar sentido a los fenómenos del mundo y no al revés.

Frente a las características presentadas de los libros de texto y al desarrollo

curricular que los docentes llevan a cabo en su enseñanza, fundamentalmente guiada por éstos, en esta investigación se considera de importancia profundizar en el análisis de la construcción conceptual del Cambio Químico, uno de los aspectos de los libros de texto que impacta fuertemente en la Química que se enseña en las aulas.

#### **2.4.4 El Cambio Químico en los diseños curriculares**

Interesa presentar una descripción de los contenidos relacionados a Cambio Químico en los diseños curriculares actualmente vigentes con el fin de tomarlos como un insumo más para el análisis de los resultados y elaboración de las conclusiones de esta tesis. En este apartado se presentan los contenidos curriculares correspondientes a Química del ciclo básico de educación secundaria, en los diseños curriculares jurisdiccionales (Provincia de Santa Fe), así como en documentos de jurisdicción nacional (Argentina) que sirvieron de orientaciones para los anteriores.

En la República Argentina la educación secundaria, así como todos los otros niveles educativos, está regida por la Ley de Educación Nacional (LEN) N° 26206 (Ministerio de Educación, 2007). Esta Ley atribuye competencia a las distintas jurisdicciones provinciales de elaborar sus propios diseños curriculares, en este caso el Diseño Curricular para la Educación Secundaria Orientada de la provincia de Santa Fe (Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe, 2014), bajo las orientaciones de un conjunto de normativas nacionales. Entre esta últimas interesan en esta tesis los NAP<sup>5</sup>, Ciencias Naturales para el Ciclo Básico de Educación Secundaria (Ministerio de Educación, 2011).

Según la LEN la educación secundaria es obligatoria y con una triple finalidad: educación para la ciudadanía, para el trabajo y para la continuidad de los estudios. El diseño curricular provincial tiene como objetivo brindar al docente herramientas que “posibiliten garantizar el acceso a, la permanencia en y el egreso de una educación que promueva la creación y la recreación de la cultura, la continuidad de los estudios desde la centralidad del mejoramiento de las trayectorias escolares, la iniciación en la formación para el trabajo y la participación ciudadana con criterio de

---

<sup>5</sup> Núcleos de Aprendizajes Prioritarios.

equidad” (Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe, 2014).

La propuesta curricular para educación secundaria se desarrolla en cinco años, los dos primeros corresponden al Ciclo Básico y los tres últimos al Ciclo Orientado según una de las 10 modalidades que se han propuesto para la jurisdicción: Agro y Ambiente, Arte, Ciencias Naturales, Ciencias Sociales, Comunicación, Economía y Administración, Educación Física, Informática, Lenguas, Turismo. La disciplina Química está presente en ambos ciclos, tanto en el Ciclo Básico como en cada una de las orientaciones del Ciclo Orientado.

En el Ciclo Básico la asignatura Fisicoquímica corresponde al segundo año y constituye el primer contacto con la Química que tienen los estudiantes de nivel secundario. Esta asignatura no se refiere al campo científico de la Fisicoquímica, sino que comprende contenidos de Química y de Física, y de allí que su nombre resulta de una construcción lingüística.

En el Ciclo Orientado las asignaturas se clasifican en dos categorías: asignaturas de formación general (presentes en todas las modalidades) y asignaturas de formación específica (exclusivas de cada modalidad). En la orientación Ciencias Naturales, las asignaturas Química I, Química II y Química III corresponden a tercero, cuarto y quinto año respectivamente, y pertenecen a la formación específica. En el resto de las orientaciones, Química está presente como una única asignatura en cuarto año, correspondiente a la formación general.

En esta tesis interesan los contenidos que constituyen el primer contacto que tienen los estudiantes con la Química y el Cambio Químico. Es de suponer que es en esta instancia en que comenzarán a construir un modelo más complejo de Cambio Químico, como continuación del hayan podido construir en la educación primaria. Por lo tanto se analizarán en los documentos aquellas secciones que correspondan a tratamiento de la Química y el Cambio Químico en el Ciclo Básico.

*Contenidos de Química en el Diseño Curricular para la Educación Secundaria Orientada de la Provincia de Santa Fe. Ciclo Básico.*

Como se mencionó antes, en el Ciclo Básico la primera mención explícita a contenidos de Química corresponde a la asignatura Fisicoquímica del segundo año. La *fundamentación* de esta asignatura está posicionada en un marco pedagógico

constructivista, incorporando aspectos actuales de la didáctica de las ciencias como ser: alfabetización científica para formar ciudadanos informados y críticos para la toma de decisiones fundamentadas en cuanto a temas socio-científico-tecnológicos, la construcción de modelos explicativos de fenómenos cotidianos para construir puentes entre los saberes cotidianos y los científicos, una visión de la ciencia como una actividad situada en contextos socio-culturales e históricos, más que como acumulación de saberes, la construcción de modelos científicos más que el descubrimiento de verdades absolutas como actividad central de la ciencia, la diferenciación entre ciencia y ciencia escolar, el carácter dinámico y provisorio del conocimiento científico. La *metodología* propuesta se plantea de manera coherente con lo presentado en la fundamentación. Se propone la enseñanza contextualizada, la construcción de conocimiento *partiendo desde el mundo macroscópico para introducir progresivamente el mundo microscópico*, el uso de los marcos históricos como insumo para situar los conceptos en relación con los problemas que le dieron origen. Se introducen habilidades investigativas, como ser: la observación controlada, la descripción de fenómenos, la elaboración de modelos, la puesta a prueba de hipótesis y su investigación, la realización y/o diseño de actividades experimentales, la obtención y contrastación de datos provenientes de diversas fuentes bibliográficas y experimentales, su presentación en gráficos y otros tipos de texto, la escritura de informes, discusión de resultados y elaboración de conclusiones, las comunicaciones orales, el uso de las TIC en programas de simulación de procesos y de modelos moleculares. Respecto a los *contenidos conceptuales* de la asignatura, éstos se agrupan en cinco unidades. Las tres primeras son las que incluyen contenidos de Química, mientras que en las dos últimas se incluyen contenidos de Física y Astronomía.

A continuación se muestran los contenidos de las tres primeras unidades. En negrita se han destacado los contenidos correspondientes al Cambio Químico.

La construcción del conocimiento científico en Física y Química:

- Características del conocimiento científico. **Fenómenos físicos y químicos.**

La naturaleza del estudio de las ciencias Física y Química. Métodos de la ciencia.

- Sistemas de magnitudes. El sistema internacional (SI), unidades fundamentales y derivadas. Notación científica. Mediciones y errores, interpretación gráfica de datos experimentales. Magnitudes escalares y vectoriales. El vector como elemento matemático necesario para caracterizar algunas magnitudes.

La materia, sus estados y las mezclas:

- Los materiales en la vida cotidiana. Estados de agregación de la materia. Cambios de estado de agregación. Propiedades de los materiales. Propiedades generales y específicas. Propiedades de los sólidos, líquidos y gases.
- Sistemas materiales. Clasificación de sistemas materiales. Métodos de separación de fases y métodos de fraccionamiento más apropiados para separar componentes de soluciones, por ejemplo, en procesos industriales y/o artesanales. Consecuencias ambientales de la solubilidad de las sustancias en distintos medios y su aplicación en medidas de cuidado ambiental.

Los materiales, su composición y los cambios:

- Estructura atómica: modelos. Modelo atómico mecánico-cuántico. Reconocimiento de símbolos de elementos. Clasificación periódica de los elementos. Uso de Tabla periódica. Configuración electrónica. Uniones químicas para la formación de moléculas de compuestos de uso frecuente en la vida cotidiana y de impacto en el medioambiente. Estructura molecular. Fórmulas y nomenclaturas.
- **El reconocimiento de las reacciones químicas. Coeficientes estequiométricos. Representación a través de fórmulas químicas de reacciones que puedan tener relevancia en la vida cotidiana involucradas en acciones preventivas y reparadoras del deterioro ambiental.**

*Contenidos de Química en los NAP de Ciencias Naturales. Ciclo Básico.*

Los NAP: Núcleos de Aprendizajes Prioritarios (Ministerio de Educación, 2011) se plantean como “un organizador de la enseñanza orientada a promover múltiples y

ricos procesos de construcción de conocimientos...”. La presencia de estos saberes se considera “indispensable, pues se trata de modos de pensar o actuar fundamentales desde el horizonte de las condiciones de igualdad y equidad”. Los saberes que se proponen se consideran “saberes clave, refieren a problemas, temas, preguntas principales de las áreas/disciplinas y a sus formas distintivas de descubrimiento/razonamiento/expresión, dotadas de validez y aplicabilidad general.”

Asimismo, se plantean como “relevantes para comprender y situarse progresivamente ante problemas, temas y preguntas que plantea el mundo contemporáneo.”

A continuación se muestran los contenidos de los NAP de Ciencias Naturales correspondientes al Ciclo Básico que incluyen contenidos de Química. En negrita se resaltan aquellos relacionados al Cambio Químico.

#### *EN RELACIÓN CON LOS MATERIALES Y SUS CAMBIOS (primer/segundo año)*

- La utilización del modelo cinético corpuscular para explicar los cambios de estado de agregación y el proceso de disolución.
- El acercamiento a la teoría atómico-molecular y el reconocimiento de los constituyentes submicroscópicos de la materia tales como moléculas, átomos y iones.
- La iniciación en el uso de la tabla periódica y del lenguaje de la química, reconociendo símbolos de elementos y fórmulas de algunas sustancias presentes en la vida cotidiana.
- El conocimiento de propiedades de los materiales para la identificación de los métodos de fraccionamiento más apropiados para separar componentes de soluciones, por ejemplo, en procesos industriales y/o artesanales.
- La utilización de propiedades comunes para el reconocimiento de familias de materiales, como por ejemplo, materiales metálicos, plásticos, combustibles.
- La predicción de algunas consecuencias ambientales de la solubilidad de las sustancias en distintos medios y su aplicación en la argumentación de medidas de cuidado ambiental.

#### *EN RELACIÓN CON LOS MATERIALES Y SUS CAMBIOS (segundo/tercer año)*

- **La utilización de la teoría atómico-molecular para explicar la ley de conservación de la masa y los cambios químicos entendidos como un reordenamiento de partículas, comenzando a hacer uso del lenguaje simbólico para representarlos mediante ecuaciones.**

- **El reconocimiento de algunas variables que influyen en la velocidad de las transformaciones químicas, por ejemplo, temperatura, presencia de catalizadores.**
- La aproximación al concepto de reacción nuclear usando el modelo atómico actual simplificado (núcleo y nube electrónica).
- *El empleo de la Tabla Periódica como un instrumento para el estudio sistemático de los elementos.*
- **La utilización del conocimiento de propiedades de los materiales para la identificación de los métodos químicos utilizados en la elaboración de otros materiales, por ejemplo, en procesos industriales y/o artesanales.**
- *La identificación de soluciones acuosas ácidas, básicas y neutras.*
- **El reconocimiento de las reacciones químicas involucradas en acciones preventivas y reparadoras del deterioro ambiental.**

#### **2.4.5 Un Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico.**

En este apartado se discuten aspectos considerados centrales en la definición de un Modelo de Cambio Químico que sustente la enseñanza en el nivel educativo que comprende esta investigación. Para ello se tuvieron en cuenta tanto aspectos científicos como didácticos, por lo cual, al modelo elaborado, se lo llama Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico (MCQ). Su construcción implica tener en cuenta diversos aspectos científicos del Cambio Químico, en las tres dimensiones químicas: la dimensión empírica correspondiente al nivel macroscópico, así como sus interpretaciones en términos submicroscópicos y sus representaciones en una dimensión simbólica. Los aspectos que se abordan incluyen: la composición, estructura y propiedades de las sustancias, las propiedades de los sistemas químicos y sus cambios, así como cuestiones energéticas y cinéticas elementales. Los aspectos didácticos se plantean a partir de resultados de investigaciones en Didáctica de las Ciencias en general y de la Química en particular.

Básicamente, poder afirmar que un cambio en un sistema material es un Cambio Químico implica reconocer que a partir de unas sustancias iniciales (reactivos) se han formado otras distintas (productos). Desde una aproximación fenomenológica, ¿cómo se puede asegurar que ha sucedido esto? Se requiere evidencia empírica de que el sistema actual es distinto al sistema inicial, pero en términos “sustanciales”. Sustancia puede definirse macroscópicamente como un material “cuyas

macropropiedades (de una de sus fases), tales como densidad, conductividad eléctrica, temperatura, no cambian durante una conversión de fase (como en la ebullición de un líquido o la fusión de un sólido)” (Van Brakel, 1997, p. 253). Otra definición propuesta por este autor es la que identifica a la sustancias como los productos relativamente estables de análisis y síntesis química: nodos en una red de reacciones químicas. Raviolo, Garritz y Sosa (2011) proponen que sustancia a nivel macroscópico es “una forma de materia homogénea de composición elemental fija que posee propiedades específicas que la diferencian de otras” (p.244). Todas estas definiciones se apoyan en las propiedades de la materia, la primera en las físicas, la segunda en las químicas y la tercera en ambas, y en la composición. Todas estas propiedades son consecuencia de la composición elemental de las sustancias, y también de su estructura. Toda sustancia tiene al menos una propiedad específica que la diferencia de otras. La caracterización e identificación de sustancias a partir de sus propiedades específicas, ya sean físicas o químicas, es un criterio operacional necesario en la identificación de un proceso con un Cambio Químico. El reconocimiento de productos y su diferenciación de los reactivos, es un contenido pertinente y adecuado al nivel educativo que involucra esta tesis. Reconocer empíricamente la formación de nuevas sustancias usando el concepto macroscópico de sustancia constituye un paso previo a su explicación mediante el modelo atómico-molecular. Sin embargo, las investigaciones han mostrado que una de las dificultades que presentan los estudiantes en la comprensión del Cambio Químico, es “la falta de comprensión del concepto macroscópico de sustancia, que les lleva a confundir materiales (materia, en general) con sustancias”. (Furió y Domínguez, 2007b, p. 85).

Los fenómenos que suelen tomarse como ejemplos paradigmáticos para introducir el Cambio Químico en los libros de texto y en la enseñanza por parte del docente, exhiben cambios notablemente perceptibles: cambios en las propiedades del sistema químico (cambio en el estado de agregación de la materia, cambios de color, entre otros) o manifestaciones de transferencia de energía en distintas formas (calor, luz, electricidad). Todas estas transformaciones se explican a partir de la formación de sustancias nuevas que difieren en propiedades perceptibles y/o en contenido energético (energía potencial interna de las sustancias) respecto a las

sustancias iniciales. En primer lugar, para que esta explicación resulte inteligible a los estudiantes es necesaria, nuevamente, la distinción entre los términos materiales, mezclas y sustancias, así como una aproximación al concepto de energía y sus transformaciones. Así, se hace necesario desarrollar en profundidad estas ideas acerca de las sustancias: se caracterizan mediante propiedades específicas que pueden percibirse o medirse, y además, constituyen una reserva energética.

El aspecto cuantitativo crítico que se introduce en este modelo es la conservación de la masa durante los Cambios Químicos (llevados a cabo en sistemas cerrados). Esta conservación da la pista de que hay “algo” que se conserva en el sistema (Izquierdo, Sanmartí y Estaña, 2007). ¿Cómo explicar que la masa es la misma a pesar de que las sustancias han cambiado? ¿Qué es “eso” de las sustancias que no ha cambiado que puede explicar que la masa sea la misma? ¿Cómo funciona el Cambio Químico para que la masa se conserve? La conservación de los *elementos químicos* es la respuesta a estas preguntas.

Así, el Cambio Químico puede concebirse como una transformación que da lugar a nuevas sustancias, pero éstas no pueden ser cualesquiera, sino que han de estar relacionadas con las iniciales mediante la conservación de los elementos químicos que forman aquellas sustancias reaccionantes (López-Valentín y Furió-Más, 2013). Poder definir los conceptos de *sustancia simple*, *sustancia compuesta* y *elemento químico* desde lo operacional, requiere interpretar Cambios Químicos correspondientes a descomposiciones y combinaciones. Es así como estos conceptos están estrechamente vinculados: las sustancias simples concebidas como los productos finales del análisis empírico de sustancias compuestas.

Otro aspecto cuantitativo de los Cambios Químicos es la proporcionalidad con la que ocurren. Los reactivos (o el reactivo) se transforman en productos (o un producto), pero esto ocurre siempre en proporciones específicas definidas. Por ejemplo, la descomposición electrolítica de agua produce siempre el doble de volumen de gas hidrógeno que de gas oxígeno, y de allí que este aspecto cuantitativo del Cambio Químico está vinculado a la *composición química elemental* de las sustancias.

Introduciendo el modelo atómico-molecular para explicar el Cambio Químico, a los

*elementos químicos que se conservan* les corresponden unas partículas llamadas “átomos químicos” (Izquierdo y Adúriz-Bravo, 2009; Izquierdo, Sanmartí y Estaña, 2007), es decir, átomos del mismo elemento, con igual masa promedio. A partir de aquí, el Cambio Químico puede explicarse mediante un reordenamiento de estos átomos que conforman las “partículas representativas” de las sustancias iniciales. Estas partículas representativas pueden ser los mismos átomos (gases nobles) o iones (metales) o moléculas (sustancia moleculares) o “unidades-fórmula” (sustancias iónicas), según la estructura de la sustancia (Caamaño Ros, 2011). Este reacomodamiento de átomos o iones, produce nuevas partículas representativas, y por lo tanto nuevas sustancias. Aquí se toma el concepto de sustancia a nivel submicroscópico: una sustancia está constituida por idénticas “entidades”. Según Raviolo, Garritz y Sosa (2011): “Una sustancia es un tipo de materia homogénea formada por partículas representativas (átomos, moléculas, iones (celdas unidad)) iguales, en una proporción única” (p. 247). Vale aclarar que la “proporción única” se refiere a la composición química elemental definida y fija de dichas partículas representativas.

La perspectiva submicroscópica de los sistemas reaccionantes supone concebirlos como un conjunto de una “inmensa” cantidad de partículas en movimiento e interaccionando. Obviamente, los modelos expresos utilizados para representar estos aspectos lo harán de manera limitada.

Como se introdujo anteriormente, una de las manifestaciones que pueden percibirse fácilmente en ciertos Cambios Químicos es la transferencia energética entre sistema y entorno. Por ejemplo, el entorno se calienta en algunos casos, y se enfría en otros. Una primera explicación es que las sustancias al transformarse en otras, han “ganado o perdido energía”. Ahora bien, ¿Cómo se explica que cambie la “energía que tienen las sustancias” durante los Cambios Químicos? La formación de nuevas partículas representativas durante los Cambios Químicos, implica redistribución de átomos o iones, la cual viene acompañada por una redistribución de cargas en dichas partículas. Estos cambios alteran la energía potencial interna de las partículas del sistema, definida como la energía asociada con las interacciones y movimientos de sus electrones. Entonces, la transferencia energética se puede explicar en términos de la diferencia de energía potencial interna que existe entre las partículas

de reactivos y productos. En síntesis, como resultado del Cambio Químico, la energía potencial interna de las partículas en el sistema cambia y el “excedente” o el “faltante” de energía se intercambia con el entorno. Este intercambio de energía provoca cambios en propiedades del sistema y entorno, y a partir de la medición de esos cambios, por ejemplo “variación de temperatura”, se puede determinar la magnitud y el sentido de dicho flujo energético. Interesan en particular, en el nivel educativo que compete a la investigación, los intercambios de energía térmica entre sistema y entorno, a partir de los cuales resulta útil clasificar a los Cambios Químicos en endotérmicos y exotérmicos.

No toda sustancia, o el contacto entre distintas sustancias, conduce a la formación de nuevas sustancias. Cuando las sustancias no sufren Cambio Químico de manera espontánea se dice que son químicamente estables. La estabilidad química de las sustancias se puede explicar a partir de dos tipos de estabilidades: cinética y termodinámica. Por ello, la probabilidad de ocurrencia de un Cambio Químico se puede predecir mediante el estudio de parámetros termodinámicos y cinéticos. En otras palabras, la ocurrencia de las reacciones químicas depende tanto de factores termodinámicos como cinéticos. En el nivel educativo de los libros que se analizan se considera pertinente el abordaje de ciertos aspectos cinéticos de las mismas, pero no así los termodinámicos. Este último aspecto resulta conceptualmente complejo y particularmente abstracto como para tratarse con estudiantes que recién se inician en el aprendizaje de la química. Por eso, el MCQ representa un recorte particular de la estructura conceptual correspondiente al Cambio Químico, en el que no se desarrollan aspectos termodinámicos explícitamente.

Entre los aspectos cinéticos se incluyen los siguientes: los Cambios Químicos ocurren a diferentes velocidades. Hay reacciones relativamente rápidas, como la reacción entre ácido acético y bicarbonato de sodio, y hay reacciones muy lentas, como la descomposición del peróxido de hidrógeno en gas oxígeno y agua líquida. La velocidad o rapidez de los procesos químicos está influenciada por diversos factores. La composición química y estructura submicroscópica de las sustancias involucradas determinan el valor de la energía necesaria para iniciar el proceso: energía de activación. A mayor energía de activación, mayor será la barrera

energética a superar y por lo tanto, menor velocidad tendrá la reacción. Por otro lado, la rapidez de los procesos químicos se interpreta en términos de frecuencia de colisiones entre las partículas de las sustancias intervinientes. Para que una reacción química ocurra, las partículas de los diferentes reactivos deben colisionar. Cuantas más colisiones por unidad de tiempo, más rápido será el proceso. Por ello, cualquier factor que aumente la frecuencia de colisiones, aumentará la velocidad del Cambio Químico: concentración de reactivos, temperatura, presión. Además, las partículas que colisionan deben estar orientadas de manera que permita que los grupos reaccionantes interactúen efectivamente y deben tener suficiente energía para alcanzar un estado de transición que conduzca a la formación de los productos.

Algunas reacciones químicas ocurren con una gran extensión, es decir, los reactivos son casi completamente convertidos a productos, pero a tan baja velocidad que la probabilidad de observar el proceso es muy baja, por ejemplo la puesta en contacto de combustibles (madera, nafta, etc.) con oxígeno. Los catalizadores son sustancias que aceleran reacciones químicas directamente disminuyendo la Energía de Activación o cambiando el mecanismo<sup>6</sup> de la misma, resultando en un proceso distinto con menor Energía de Activación.

A medida que los reactivos interactúan para generar productos en una reacción química, las partículas de los productos pueden (o no) interactuar químicamente entre sí y regenerar partículas de los reactivos. El estado final del sistema, que puede ser un equilibrio dinámico entre las dos reacciones simultáneas, está determinado por el balance entre estos dos procesos opuestos. El MCQ prioriza los conceptos necesarios para construir un modelo básico de Cambio Químico, por lo cual se optó por no incluir en este recorte conceptual particular, conceptos vinculados al equilibrio químico.

Uno de los modelos expresos más abstractos que se han desarrollado para representar los Cambios Químicos son las ecuaciones químicas. Éstas representan varios de los aspectos esenciales de los Cambios Químicos: la composición (también pueden representar la estructura) de los reactivos y productos, sus estados de agregación, las cantidades proporcionales en que participan en la reacción

---

<sup>6</sup> En este nivel educativo puede definirse como la secuencia de eventos paso a paso con la que una reacción química procede.

química, los aspectos energéticos, entre otros.

Ante la gran diversidad de reacciones químicas, la clasificación de las mismas persigue el objetivo de simplificar este complejo y amplio espectro, agrupándolas según patrones comunes. Al mismo tiempo, esta organización contribuye a la comprensión de los Cambios Químicos y a su predicción en términos cualitativos, cuantitativos y energéticos. Los patrones de similitud se pueden basar en diferentes aspectos de las reacciones. En algunas clasificaciones se utiliza un criterio relacionado a la redistribución de electrones entre moléculas, átomos o iones. Ejemplos de este criterio de clasificación son las reacciones rédox, las reacciones de precipitación iónica y las reacciones ácido-base de Lewis. Otro criterio considera la redistribución de átomos o iones en la transformación de reactivos a productos: se trata de las reacciones de simple y doble sustitución. Otro criterio considera la cantidad y tipos de reactivos y productos (sustancias simples o compuestas): las reacciones de síntesis y las de descomposición. Otros criterios de clasificación se centran en las propiedades macroscópicas de las sustancias y los sistemas. Por ejemplo, si se consideran los estados de agregación de los sistemas reaccionantes, se pueden clasificar en reacciones en fase homogénea y en fase heterogénea. La dirección de la transferencia energética entre sistema y entorno permite clasificar a los Cambios Químicos en exotérmicos o endotérmicos. Vale aclarar que estas diferentes clasificaciones no son mutuamente excluyentes, es decir, una reacción química puede incluirse en varios de estos sistemas de clasificación simultáneamente. Para el nivel educativo correspondiente, se considera adecuado introducir aquellas clasificaciones basadas en criterios que involucren conceptos asequibles a los estudiantes, y sobre todo, explicitar la utilidad de dicha clasificación.

Estos elementos conceptuales abarcan un recorte de la teoría de Cambio Químico que se considera de utilidad en esta tesis como marco de referencia en el análisis de los libros de texto.

#### **2.4.5.1 Red conceptual para expresar el MCQ**

Con el objeto de seleccionar atributos críticos y representar la información teórica conceptual del MCQ, se utilizó como instrumento a las redes conceptuales. Éstas son instrumentos gráfico-semánticos descriptivos que permiten desarrollar en

profundidad y explicitar estructuras conceptuales complejas sobre un determinado tema. Es decir, se la utiliza para seleccionar determinados contenidos y representar los conceptos relevantes y las relaciones explícitas y precisas entre ellos.

Siguiendo el modelo propuesto por Galagovsky (1993, 1994, 2002), las redes conceptuales están formadas por nodos y vinculaciones entre ellos. Los nodos deben ser conceptos relevantes al tema representado y las vinculaciones deben ser frases que siempre incluyan un verbo preciso, de manera que se genere una *oración nuclear* entre nodos. Se denomina *oración nuclear* a la forma en que una idea o significado se almacena en la memoria (Galagovsky, 1993). Se trata de un concepto del campo de la lingüística que es más abstracto pero más preciso que las maneras de expresar esas ideas o significados. Se refiere a la representación semántica de una estructura profunda de significado que subyace en la mente, y que puede expresarse a través de estructuras superficiales de lenguaje de diferentes maneras: diferentes oraciones o gestos, pero siempre con el mismo significado, es decir, la misma oración nuclear.

Desde esta perspectiva, las redes conceptuales pueden considerarse un *análogo semántico de un recorte de la estructura cognitiva* de quien elabora la red (Galagovsky, 1993). De esta manera, la red construida y presentada no es la única posible. Sin embargo, aunque las redes sobre un mismo campo conceptual, elaboradas por expertos diferentes, serán distintas, todas ellas deberán reflejar la estructura semántica del campo particular de la ciencia bajo estudio. A este respecto, Lemke (1997) aporta el concepto de *patrón temático*: “patrón de vinculaciones entre los significados de palabras en un campo científico en particular... es un patrón de relaciones semánticas que describe el contenido temático, el contenido científico de un área del conocimiento en particular”.

Garófalo (2010) propone que... “La confección de una Red Conceptual (RC) tendría como objetivo hacer un recorte de la trama conceptual implícita y explicitarla en un instrumento gráfico-semántico. Por ser un recorte, una RC de un tema puede adoptar diferentes formatos, y la selección de su contenido, profundidad de sus relaciones será un compromiso entre mostrar “toda la información existente sobre el tema” y “elegir los conceptos y relaciones principales”.” (p. 46)

A los fines de esta investigación, se elaboró una red que representa un recorte del modelo científico de Cambio Químico. Se quiere disponer de una estructura conceptual de referencia para cotejarla con las estructuras conceptuales presentes en los libros de texto seleccionados. Para la elaboración de la red, se realizó un análisis epistemológico-conceptual que involucró la revisión de fuentes científicas, libros de texto de educación universitaria, así como la discusión con colegas especialistas. De esta manera, la red construida intenta reflejar un modelo de Cambio Químico. Se trata de un modelo expreso del MCQ propuesto que explicita un patrón temático específico de Cambio Químico, considerado adecuado al nivel educativo pertinente. La figura 1 presenta la Red Conceptual de Cambio Químico construida.



#### 2.4.5.2 Ideas básicas de Cambio Químico.

Con el objetivo de disponer de un marco de referencia concreto para el análisis del contenido de los libros de texto, se construyó una serie de enunciados que representan Ideas Básicas del Cambio Químico dentro del MCQ. Esta serie de ideas se elaboraron y seleccionaron considerando los conceptos de la Red de Cambio Químico y sus relaciones.

**1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.** Los CQ son cambios en un sistema material que involucran la formación de nueva/s sustancia/s (productos) a partir de la transformación de una o más sustancias iniciales (reactivos).

**2. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.** Los productos y los reactivos, se identifican y diferencian empíricamente, mediante sus propiedades específicas, observables y/o medibles a través de instrumentos.

**3. LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS.** Algunos CQ se manifiestan mediante cambios en propiedades perceptibles del sistema material (color, estado de agregación, olor) así como a través de formas manifiestas de energía, como ser luz, calor, electricidad. Estos cambios se pueden explicar a partir de que los productos poseen composición química elemental distinta a los reactivos y, por lo tanto, propiedades y energía potencial interna diferentes a las de los reactivos.

**4. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS PUEDE EXPLICARSE Y REPRESENTARSE CON MODELOS SUBMICROSCÓPICOS.** Los CQ pueden representarse y explicarse mediante modelos atómico-moleculares: ocurre la ruptura de enlaces químicos entre los átomos o iones de las partículas de las sustancias iniciales y formación de nuevos enlaces químicos entre átomos o iones,

para generar nuevas partículas de nuevas sustancias.

**5. LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.** Los CQ siempre conducen a una transferencia neta de energía entre el sistema que cursa la reacción y su entorno, la cual se manifiesta en forma de calor, luz o de electricidad. Esto se explica mediante el cambio de energía potencial interna de las partículas como resultado de la ruptura y formación de enlaces químicos.

**6. LA CONSERVACIÓN DE LA MASA SE EXPLICA CON LA CONSERVACIÓN DE ÁTOMOS y ELEMENTOS.** Un sistema material cerrado que cursa un CQ conserva su masa, y esto se explica con la conservación de los átomos y los elementos químicos.

**7. LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS.** Las CQ se representan con ecuaciones químicas, las cuales brindan información simbólica universal acerca de la composición química elemental, el estado de agregación de las sustancias intervinientes, así como acerca de la proporcionalidad en la que participan dichas sustancias en la RQ y de la conservación de los átomos y elementos químicos.

**8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS REACTIVOS, ASÍ COMO DE LA TEMPERATURA, PRESIÓN, CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS, CATALIZADORES.** Para que ocurra el CQ las partículas de las sustancias reaccionantes deben colisionar con suficiente energía para superar la Energía de Activación (barrera energética a superar para que se inicie el proceso) y con la orientación adecuada para que los grupos reaccionantes interaccionen. Cualquier factor que afecte la frecuencia de colisiones, afectará en el mismo sentido a la velocidad del CQ (concentración de reactivos, temperatura, presión). La velocidad de los CQ puede aumentarse también con catalizadores, los cuales disminuyen la Energía de Activación o cambian el mecanismo de la misma, resultando en un proceso distinto con menor Energía de Activación.

**9. LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.** Los CQ se pueden clasificar según diversos

criterios de patrones de comportamientos químicos. Esto es útil para explicar, predecir y controlar a los CQ.

# CAPÍTULO 3

## METODOLOGÍA

En este capítulo se exponen los aspectos metodológicos utilizados en la investigación: el encuadre teórico metodológico, el diseño metodológico que define los criterios de selección de los objetos de estudio y la recogida de los datos, así como los instrumentos de análisis que hacen posible la interpretación posterior.

### 3.1 ENCUADRE TEÓRICO METODOLÓGICO

El abordaje metodológico de la investigación es de tipo *cualitativo-interpretativa*, por lo que busca interpretar y comprender fenómenos más que aportar explicaciones de tipo causal (Latorre, Del Rincón, Arnal, 1996). Se utilizó la metodología del *estudio de caso*, el cual implica un proceso de indagación profunda, detallada y sistemática del caso objeto de interés: el libro de texto. La investigación ajusta a un diseño de *casos múltiples* (Rodríguez Gómez, Gil Flores y García Jiménez, 1996), ya que se seleccionaron dos libros de texto, con el objeto de comprender mejor aspectos de la presentación del tema Cambio Químico en esos libros. Su principal objetivo es comprender el fenómeno estudiado desarrollando un cuerpo de conocimientos que logre describir los casos llegando a abstracciones particulares pero no universales. Sin embargo vale la generación de patrones para extraer lo que es generalizable a otras situaciones y lo que es específico de una situación y un contexto determinados (Galagovsky y Muñoz, 2002). Asimismo, el estudio se puede encuadrar en la categoría de *estudios de casos interpretativo-evaluativo* (Pérez Serrano, 2003): contiene datos descriptivos que se interpretan en categorías de análisis basadas en presupuestos teóricos previamente establecidos y además implica un juicio al final del estudio basado en la apreciación de la información recolectada a la luz de la teorías que sustentan esta investigación.

Se utiliza el análisis del contenido para los libros de texto, el cual es definido por Ander-Egg como “una técnica de recopilación de datos que permite estudiar y analizar el contenido manifiesto explícitamente de una comunicación con el fin de obtener información y con el propósito de estudiar ideas, significados, temas o frases” (Citado en Galagovsky y Muñoz, 2002, p. 31). En este tipo de análisis no solo

se busca interpretar el contenido manifiesto del autor del libro (lo que dice intencionalmente), sino también, a partir de ese contenido manifiesto, investigar el contenido latente oculto e indirecto (lo que el autor dice sin pretenderlo) (Abela, 2002).

## 3.2 DISEÑO METODOLÓGICO

### 3.2.1 Selección de casos

En esta investigación interesan los libros de texto de ciclo básico del nivel secundario que incluyan contenidos de Química. Este interés radica en que es en ese momento de la enseñanza secundaria, el ciclo básico, en el que los estudiantes tienen el primer contacto con la disciplina Química, y por lo tanto se considera que estos libros aportan un primer modelo, dentro de la enseñanza secundaria, acerca del cambio Químico.

La selección de los libros respondió a los siguientes criterios:

- *Criterio de nivel educativo y pertinencia temática*, por el cual se seleccionaron libros de texto correspondientes al Ciclo Básico de la educación secundaria, editados con posterioridad a la sanción de la ley Nacional de Educación Nacional (Ministerio de Educación, 2007) y que desarrollan contenidos de la disciplina Química.

Concretamente se seleccionaron aquellos que presentan al menos un capítulo que en su título explicita los términos cambio químico o reacción química.

- *Criterio de conveniencia* que deriva de un acceso factible a los libros y por el cual se seleccionaron dos de los que están a disposición de la investigadora. Se trata de libros de texto de dos editoriales educativas argentinas que proponen variada oferta a los colegios, disponibles en la biblioteca del área de Química de la escuela donde trabaja la investigadora, y de uso frecuente por parte de los docentes de la institución. Estos tres criterios fueron los que motivaron su selección.

En la tabla 1 se indican los datos de cada libro, su imagen de portada y un código de referencia (libro de texto: LDT) con el que se citará a cada libro a lo largo de esta investigación.

Tabla 1: Libros de texto seleccionados

Código de referencia	Imagen de portada	Datos del libro
LDT-1		<p><b>Título:</b> Física y química I. Materiales, fuerzas y energía.</p> <p><b>Nivel:</b> 1° y 2° año (Educación Secundaria Básica)</p> <p><b>Autores:</b> Raúl Bazo y Marta Bulwik</p> <p><b>Edición:</b> Edelvives, Buenos Aires, 2014.</p>
LDT-2		<p><b>Título:</b> Física y Química – Proyecto Nodos</p> <p><b>Autores:</b> Onna, A. y otros</p> <p><b>Edición:</b> SM Ediciones, Buenos Aires, 2014.</p>

### 3.2.2 Desarrollo del diseño metodológico

La investigación se basa en la recolección, puesta en relación y reconstrucción teórica de ciertos elementos de los libros de texto, con el fin de elaborar una caracterización del modelo de Cambio Químico que proponen.

Para esto se han utilizado instrumentos específicos de recogida de datos y estrategias de análisis de los mismos, los cuales permitieron transformar los datos crudos en nuevos datos, con significados contruidos y fundamentados en los marcos teóricos del capítulo 2, para finalmente establecer conclusiones que respondan a los objetivos planteados.

En los libros de texto de Química suelen distinguirse secciones en las que los contenidos tratan de manera directa el tema Cambio Químico y otras secciones en las que se desarrollan temas que pueden estar sustentados en el Cambio Químico (ácidos y bases, cinética química, equilibrio químico, termoquímica, reacciones rédox, entre otras). En esta investigación se tomó en cada libro de texto a la sección correspondiente al tratamiento explícito del Cambio Químico (o reacción química)

como *unidad de contexto*: “el mayor cuerpo de contenido que puede investigarse para caracterizar una unidad de registro” (Abela, 2002).

De esta unidad de contexto se extraen las *unidades de registro*: “...segmento específico de contenido que se caracteriza al situarlo dentro de una categoría dada” (Abela, 2002) o “la sección más pequeña del texto en la que el investigador cuenta la aparición de una referencia” (Pérez Serrano, 2003). En esta investigación se corresponden a frases e inscripciones que dan cuenta de las categorías de análisis, las cuales se desarrollan más adelante.

Al plantear las preguntas y objetivos de la investigación, se ha hecho referencia a la estructura conceptual que los libros de texto presentan sobre el Cambio Químico, así como a los modos semióticos que utilizan los mismos para promover la atribución de significado a dichas estructuras conceptuales. Por ello se plantearon dos tipos de análisis del contenido: conceptual y semiótico.

Con el análisis conceptual se evaluó qué conceptos e ideas centrales acerca del Cambio Químico presenta cada libro, analizando los conceptos presentes (y ausentes) y las relaciones que se establecen entre ellos. Así, se pudo establecer una caracterización de la estructura conceptual del Cambio Químico en cada libro. Para ello se recogieron y analizaron datos correspondientes a ambos modos semióticos: textual y visual.

El análisis semiótico se realizó con el fin de determinar de qué modo se facilita la construcción de significado sobre las ideas y conceptos de Cambio Químico que presentan los libros, mediante la caracterización semiótica de los recursos visuales. Se considera que los diferentes tipos de inscripciones que presenta el libro constituyen signos que posibilitan la construcción de sentido en el proceso de lectura para el aprendizaje.

La integración de ambos tipos de análisis permitió establecer Modelos de Cambio Químico que presentan los libros, a partir de los cuales se logra su caracterización desde la perspectiva conceptual-didáctica.

El esquema de la figura 2 describe de manera gráfica el diseño metodológico de la investigación:

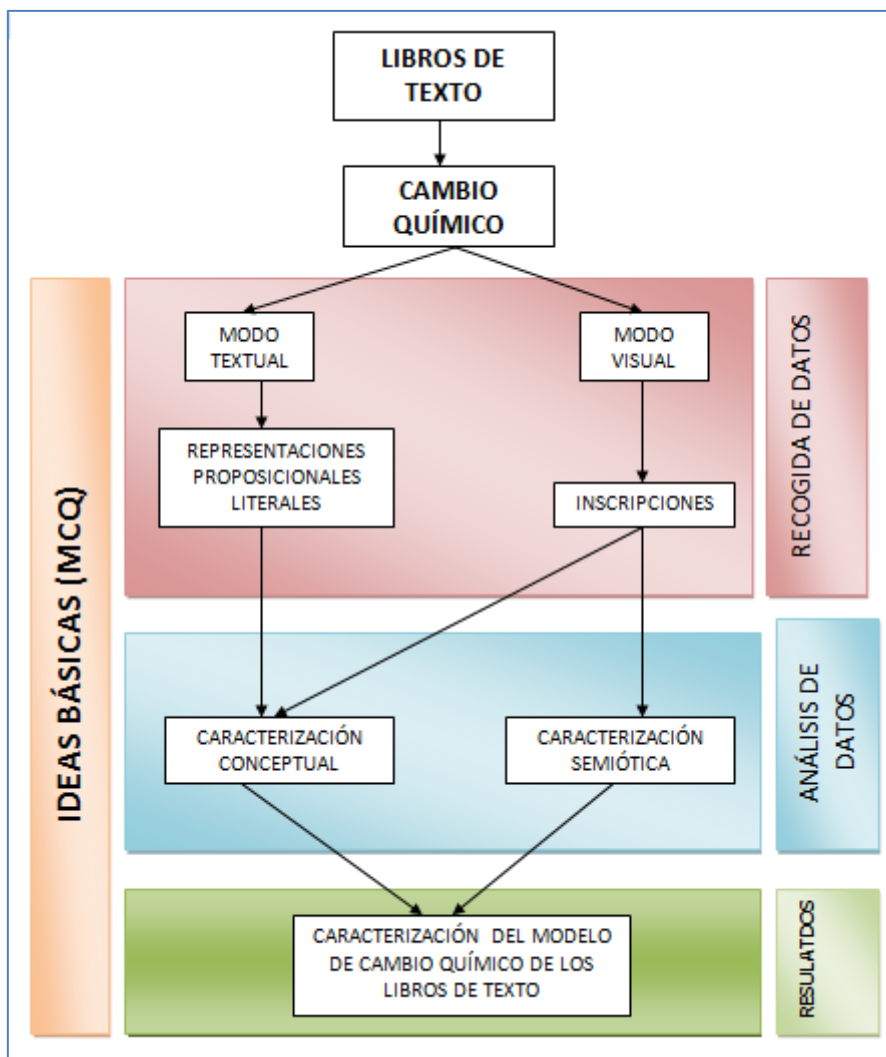


Figura 2: Diseño metodológico

### 3.3 INSTRUMENTOS PARA LA RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS

#### 3.3.1 Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico (MCQ) como marco de referencia para la recogida de datos.

Tanto para el análisis conceptual (¿Qué nos dicen los libros de texto acerca del Cambio Químico) como para el análisis semiótico (¿Cómo nos dicen “eso” que dicen?) se tuvieron que recoger inicialmente determinados elementos de los libros de texto, que corresponden a los datos. Ahora bien, ¿Con qué criterio se seleccionaron estos datos? Es decir, ¿bajo qué marco de referencia se generaron las categorías para seleccionar los datos del libro?

La recogida de datos se hizo tomando como referencia a las ideas básicas desarrolladas como modelo expreso del MCQ construido ad-hoc (sección 2.4.6).

Este modelo sirvió de elemento rector para la recogida de los datos. Por lo tanto, las ideas básicas de Cambio Químico fueron utilizadas como categorías para la recogida de datos.

Como instrumento se diseñó una planilla que recoge datos correspondientes a dos tipos de recursos semióticos: textual y visual, para cada una de las ideas básicas de Cambio Químico.

Se tomaron como datos y se denominan *representaciones proposicionales literales* a los siguientes recursos semióticos textuales: frases literales expresadas en formato verbal en el texto central del libro. Se seleccionaron aquellas *representaciones proposicionales literales* que dan cuenta de cada idea básica, distinguiendo por un lado, aquellas que correspondan al desarrollo del contenido conceptual mediante *descripciones, explicaciones, definiciones, argumentaciones, analogías, metáforas*, etc., y, por el otro lado, los *ejemplos* aportados como casos particulares de los conceptos e ideas desarrollados. Interesa en particular relevar los ejemplos, ya que estos son uno de los recursos semióticos más ampliamente utilizados en los textos expositivos para facilitar la comprensión por parte del lector.

Por otro lado, los recursos semióticos visuales, que se tomaron también como datos corresponden a aquellas *inscripciones* que estén vinculadas, en la secuencia didáctica del texto, a cada idea básica.

A modo de ejemplo, en la figura 3 se presentan los datos extraídos con la planilla, del LDT-2 para la idea básica 1.

Representaciones proposicionales Literales		Inscripciones
Idea básica	Definiciones, descripciones, explicaciones, etc.	
<p><b>1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS</b></p>	<p>“Cuando se produce un cambio químico, una o más sustancias se transforman en otra u otras sustancias que poseen propiedades diferentes a las de las sustancias iniciales, es decir, se modifica la composición de la materia.”</p>	<p>“Por ejemplo si se hace circular una corriente eléctrica en agua líquida, se logra separar los átomos de hidrógeno y oxígeno; de este modo, se obtienen moléculas de hidrógeno gaseoso y moléculas de oxígeno gaseoso, dos sustancias muy diferentes al agua.”</p>
<div data-bbox="952 496 1758 1018"> <pre> graph TD     A[MATERIA] -- ocurren --&gt; B[TRANSFORMACIONES]     B -- que pueden ser --&gt; C[FÍSICAS]     B -- que pueden ser --&gt; D[QUÍMICAS]     C -- se caracterizan por --&gt; E[CONSERVAR LA NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS]     D -- se caracterizan por --&gt; F[MODIFICAR LA NATURALEZA DE LAS SUSTANCIAS]     E --&gt; E1[CAMBIOS DE ESTADO]     E --&gt; E2[PROCESO DE DISOLUCIÓN]     E --&gt; E3[FORMACIÓN DE MEZCLAS]     F -- se reconocen por --&gt; F1[CAMBIO DE COLOR]     F -- se reconocen por --&gt; F2[FORMACIÓN DE PRECIPITADOS]     F -- se reconocen por --&gt; F3[DESPRENDIMIENTO DE GASES]     F -- se reconocen por --&gt; F4[CAMBIOS EN LA TEMPERATURA]     F --&gt; F5[COMBUSTIÓN]     F --&gt; F6[OXIDACIÓN]     F --&gt; F7[EFERVESCENCIA]           </pre> </div> <div data-bbox="1778 616 1928 927"> <p>Si disolvemos cloruro de sodio en agua obtenemos una solución. Sin embargo, podemos volver a obtener ambas sustancias por separado. ¿Qué método de separación utilizarían? ¿Qué tipo de cambio es la disolución?</p> </div> <div data-bbox="938 1043 1352 1214"> <p>Moléculas de agua en el estado líquido</p> <p>Moléculas de agua en el estado gaseoso</p> <p>Cuando se produce un cambio...</p> </div> <div data-bbox="1368 1043 1946 1214"> <p>Agua</p> <p>Hidrógeno</p> <p>Oxígeno</p> <p>Das moléculas de agua se descomponen formando dos moléculas de hidrógeno y una de oxígeno.</p> </div>		

Figura 3: Ejemplo de planilla de recogida de datos primarios

### 3.3.2 Instrumentos de análisis de datos

Una vez seleccionados los datos primarios para cada idea básica, se utilizaron instrumentos específicos para un análisis preliminar que permitió transformar estos datos crudos en datos útiles para su interpretación posterior. A continuación se detallan los instrumentos de análisis tanto para los aspectos conceptuales como semióticos.

#### 3.3.2.1 *Análisis conceptual*

Como primer paso de análisis conceptual de los datos primarios, se utilizó como instrumento la elaboración de *entramados de palabras-conceptos* (EPC) siguiendo la propuesta de Galagovsky y Muñoz (2002). Este instrumento, al igual que las redes conceptuales, muestra los conceptos-palabras y las relaciones que se establecen entre ellos. Los nodos del entramado reticular son ocupados por palabras-conceptos y las conexiones entre los mismos son oraciones. En este aspecto su construcción es muy similar a la de las redes conceptuales. La diferencia es que tanto los nodos como las conexiones son tomados lo más explícitamente posible a partir del texto que se pretende analizar. Se trata de un instrumento gráfico-semántico para el análisis del contenido, que respeta esencialmente el texto y que permite posteriores análisis sobre él.

Para el uso de este instrumento de análisis se tomaron los datos seleccionados para cada idea básica, analizando, por un lado, las representaciones proposicionales literales y los ejemplos en formato verbal que dan cuenta de cada idea. Además se consideraron aquellas inscripciones que presentan, ya sea en formato verbal o simbólico, representaciones de conceptos, por ejemplo un diagrama molecular, un organizador conceptual, una fotografía con una leyenda que contenga conceptos y relaciones. Se incluyen también en los EPC los ejemplos como nodos diferenciados (en bloques amarillos) de aquellos que correspondan a conceptos (en bloques grises). Se considera importante incluir los ejemplos de conceptos en las redes construidas a partir de los datos de los libros, ya que éstos contribuyen a la construcción de la estructura conceptual de cada idea básica. La Figura 4 muestra un ejemplo de EPC elaborado a partir de uno de los libros en base a la idea básica 1.

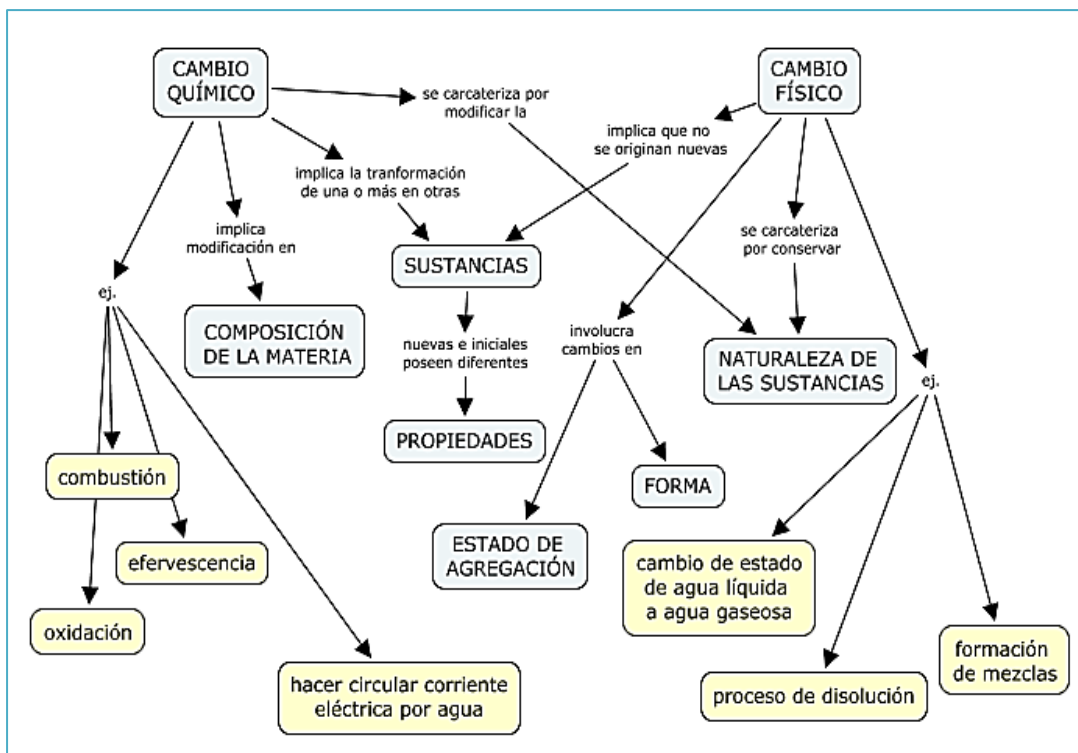


Figura 4: Ejemplo de EPC

A partir de los EPC construidos se pudieron capturar los significados que cada libro intenta comunicar en relación al Cambio Químico, constituyendo así la base del texto. Las estructuras conceptuales expresadas de esta manera permitieron su posterior análisis en contrastación con el MCQ y considerando las siguientes categorías:

1. Precisión conceptual.
2. Conceptos presentes (y ausentes) y sus conexiones.
3. Promoción de ideas erróneas.
4. Presencia (o ausencia) de ejemplos.
5. Niveles de representación química.
6. Relación teoría-fenómenos

Esta última categoría implica realizar el análisis conceptual identificando en los elementos semióticos, para cada idea básica, la presencia de hechos factuales que hagan referencia a los conceptos (ya sean fenomenológicos o teóricos), o la

presencia de conceptos que sean utilizados para referirse a hecho factual concreto. Evaluar cómo el libro conecta los hechos factuales con la teoría del Cambio Químico, y viceversa, constituye establecer relaciones entre ambos. Estas relaciones se denominan en esta tesis “relaciones teórico factuales” (Hernández, 2011). Cumplen la función de poner manifiesto que los conceptos vinculados a la teoría de Cambio Químico se han construido para explicar fenómenos.

A continuación se detallan los aspectos conceptuales centrales a analizar en relación a cada idea básica.

Con el análisis de la idea básica 1 se busca determinar si los libros explicitan de manera clara el atributo crítico de la definición de Cambio Químico: la formación de nuevas sustancias.

A continuación con la idea básica 2, se analiza si los libros incluyen la necesidad de evidenciar empíricamente la aparición de sustancias nuevas para afirmar que ha ocurrido un Cambio Químico, en concordancia con el desarrollo histórico de la química y del concepto de sustancia, correspondiente al modelo macroscópico de los siglos XVI al XVIII. (ver sección 2.4.1). Esta idea está construida solo con conceptos fenomenológicos.

La idea básica 3 busca determinar si los libros de texto explican los cambios en las propiedades de ciertos sistemas que cursan Cambios Químicos, a partir de la formación de nuevas sustancias. Aquí se espera que los conceptos fenomenológicos incluidos en “cambios en propiedades del sistema” (color, burbujas, temperatura, precipitado) se expliquen a partir de otros conceptos fenomenológicos, como composición química elemental, propiedades específicas de sustancias, así como con conceptos teóricos, como energía potencial química, entendida como el “contenido energético de las sustancias”.

Con la idea básica 4 se indaga si los libros de texto presentan y utilizan el modelo atómico-molecular para explicar teóricamente a los Cambios Químicos. Se espera que se describa al menos un fenómeno de Cambio Químico con cambios perceptibles como los detallados en la idea básica 3, con el reconocimiento específico del o los productos, y se lo explique a partir de la formación de nuevas sustancias pero incluyendo entidades teóricas: átomo, enlaces, moléculas, iones, partículas representativas de sustancias.

La idea básica 5 busca investigar en los libros de texto la presentación de una explicación teórica basada en el modelo atómico-molecular, de los intercambios energéticos entre sistema y entorno durante los Cambios Químicos.

Con la idea básica 6 se quiere indagar la presencia de relaciones entre conceptos teóricos y fenomenológicos en relación a la conservación de la masa de los sistemas que cursan cambios Químicos. Se espera una explicación de la conservación de la masa basada en la conservación de los conceptos teóricos de elementos químicos y átomos. Interesa en este punto la manera en que se define el término “elemento químico” en los libros.

La idea básica 7 busca analizar cómo se presenta el lenguaje simbólico químico en los libros. Interesa indagar si se explicita su carácter de representación, si se describen de manera correcta y completa los signos que se utilizan en las ecuaciones, así como también si las ecuaciones presentadas tienen un referente fenomenológico de Cambio Químico.

Con la idea básica 8 se busca relevar datos de los libros que hagan referencia a aspectos cinéticos de los cambios Químicos. En particular, si se utiliza un modelo submicroscópico de colisiones/interacciones para explicar la velocidad de los Cambios Químicos y los factores que la afectan.

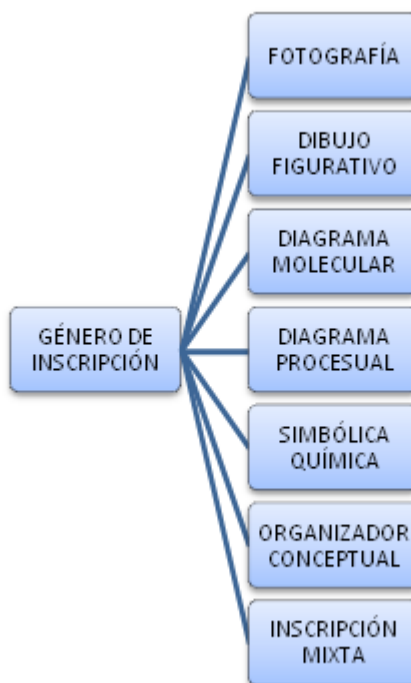
En la idea básica 9 interesa buscar en los libros datos que refieran a la necesidad de clasificar a los Cambios Químicos y a los distintos criterios que pueden utilizarse para ello.

### *3.3.2.2 Análisis semiótico de inscripciones*

Este análisis se realizó para estudiar la estructura y función de las *inscripciones*, y su repercusión en la construcción de significados. Los datos primarios que se consideraron fueron las inscripciones seleccionadas para cada idea central. Se utilizaron categorías adaptadas a partir de literatura de referencia. Entre estas se tomaron propuestas que aportan taxonomías para la caracterización de las ilustraciones e inscripciones de los libros de texto. Los criterios semióticos que se utilizaron son:

1. *Género de la inscripción.* Las categorías surgen a partir de la propia exploración de los libros de texto y fueron adaptadas a partir del trabajo de Han y

Roth (2006). En el diagrama siguiente se muestra la red sistémica con las categorías de análisis correspondientes:



- Las *fotografías* corresponden a las inscripciones que capturan gran cantidad de detalles perceptibles fieles a la realidad.
- Los *dibujos figurativos* corresponden a representaciones pictóricas que muestran objetos y fenómenos mediante la imitación de la realidad.
- Los *diagramas moleculares* representan moléculas, átomos o iones, aislados o interactuando entre sí formando parte de un sistema, con figuras circulares para átomos e iones y barras o líneas para los enlaces químicos (aunque puede indicarse el enlace químico entre átomos simplemente colocando las figuras circulares adyacentes y en contacto).
- Los *diagramas procesuales* representan las entidades teóricas o fenomenológicas y sus relaciones en un proceso. Se representan con palabras, flechas y líneas.
- Las inscripciones correspondientes a la categoría *simbólica química* incluyen a las *ecuaciones químicas*, que utilizan el nivel de representación simbólico

químico.

- Los *organizadores conceptuales* son inscripciones elaboradas con elementos textuales (términos correspondientes a conceptos o ideas) relacionados entre sí. Pueden ser esquemas, redes, mapas conceptuales, cuadros sinópticos.
- El género de *inscripciones mixtas* corresponde a las inscripciones que superponen géneros anteriores, por ejemplo un dibujo figurativo con un diagrama molecular.

Estas categorías aportan un criterio de análisis valioso en cuanto permite evaluar el nivel de representación química y grado de iconicidad, los cuales tienen impacto en el procesamiento y comprensión de las inscripciones para la atribución de significado a las ideas que pretenden comunicar los libros. El grado de iconicidad de las inscripciones está relacionado con el nivel de semejanza “literal” que tiene la inscripción con los objetos que se representan. Los íconos, según Peirce, son “... aquellos signos que tienen una cierta semejanza innata con el objeto al que se refieren. Se entiende en qué sentido comprendía la “semejanza innata” entre un retrato y la persona pintada; en cuanto a los diagramas, por ejemplo, afirmaba que son signos icónicos porque reproducen la forma de las relaciones reales a las que se refiere” (Eco, 1970, pp. 25-26)

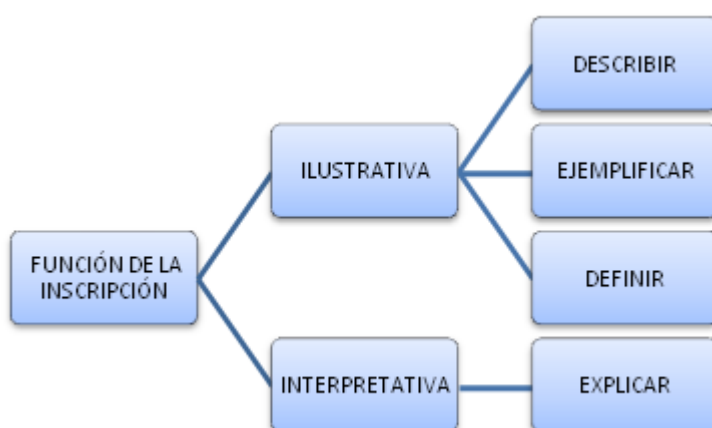
La fotografía de un fenómeno tendría el mayor grado de iconicidad (Perales Palacios y Jiménez Valladares, 2002), ya que cuanto más se acerque a la realidad, más detalles brinde, mayor iconicidad tendrá la imagen. Éstas representan la particularidad de una observación en particular, y por eso son las menos abstractas. Al mismo tiempo son las que brindan menor cantidad de información desde el punto de vista de la ciencia, la cual se vale de representaciones más abstractas y específicas, en las que se han eliminado detalles contextuales innecesarios (Pozzer y Roth, 2002). En el otro extremo, se considera a las ecuaciones químicas y fórmulas químicas como inscripciones elaboradas con signos de muy bajo nivel de iconicidad, ya que hay una gran distancia de semejanza entre la reacción química o la sustancia y su representación simbólica química, que se vale de un lenguaje especializado con código de letras, números y signos.

Las fotografías y los dibujos figurativos corresponderían a inscripciones figurativas

o icónicas, las cuales imitan la realidad y son universalmente accesibles<sup>7</sup>. En cambio los diagramas moleculares, procesuales, la simbología química y los organizadores conceptuales corresponderían a inscripciones no figurativas: ilustraciones con formato de códigos simbólicos, no imitan la realidad sino que la traducen a otro “lenguaje”, que puede ser verbal o con códigos y símbolos específicos de la química. Estos últimos son accesibles sólo si el lector conoce los códigos.

En la Química estos aspectos icónicos (o figurativos) y simbólicos cobran relevancia en tanto se relacionan con los niveles de representación química que utilizan los libros para presentar las ideas en torno a los fenómenos y su reconstrucción teórica, y por tanto con la manera en que éstos conectan los fenómenos con la teoría.

2. *Función de las inscripciones.* Estas categorías, de elaboración de la autora, indican la *función* que cumplen las inscripciones en relación al aporte que realizan a la construcción conceptual y atribución de significado a cada idea básica. Se pudieron detectar cuatro tipos de funciones para las inscripciones, categorizadas en dos grandes grupos:



- Las inscripciones que *ilustran* la idea, lo hacen mediante la descripción de fenómenos, procesos u objetos, la aportación de ejemplos y la definición de conceptos.
- Las inscripciones que *interpretan* la idea, introducen conceptos teóricos y/o

<sup>7</sup> Considerando las particularidades culturales de las distintas comunidades en el mundo, esa universalidad se pone en duda, ya que las interpretaciones de lo percibido dependen de las propias experiencias.

fenomenológicos para establecer relaciones causales que permiten desarrollar el cómo y el porqué de otros conceptos, ideas o fenómenos (explicarlos).

Estas categorías definen también una jerarquía en cuanto al valor informacional que posee la inscripción, y por ende a la potencialidad que poseen en cuanto a la promoción de una construcción conceptual significativa. Por ejemplo: una inscripción interpretativa posee mayor potencial en la promoción de atribución de significados que una inscripción ilustrativa.

A continuación se presentan ejemplos de cada una de las categorías:

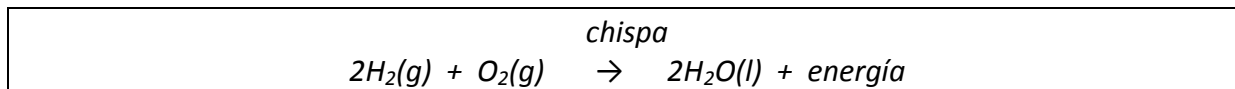
La fotografía de una reacción química, con su leyenda, que muestra determinadas propiedades perceptibles a la vista: color, estado de agregación, luz, posee la función de DESCRIBIR:



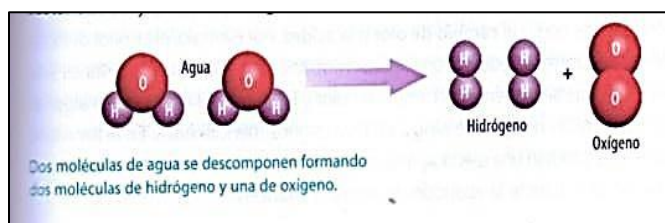
El siguiente organizador conceptual establece las características esenciales y necesarias para establecer el significado de un término nuevo. Cumple la función de DEFINIR:



La ecuación química siguiente, en el contexto del texto central del libro, cumple la función de introducir un ejemplo de reacción exotérmica. Su función es EJEMPLIFICAR:



El diagrama molecular siguiente introduce entidades teóricas para representar sustancias a nivel particulado y un proceso de Cambio Químico. Su función es interpretativa ya que pretende EXPLICAR un fenómeno:



### 3.3.3 Estrategias de análisis de datos

Para cada una de las ideas básicas se analizó la estructura conceptual que presenta cada libro poniéndola en relación con las características semióticas de las inscripciones correspondientes. Se pudo realizar así una caracterización de la manera en que cada libro promueve la construcción de significados acerca del Cambio Químico. Este análisis permitió realizar una comparación entre los libros de texto respecto a las maneras de construcción de dicho concepto.

Así, se identificaron los recursos textuales y visuales que cumplen la función de vincular la descripción de los fenómenos presentados con los aspectos teóricos, es decir explicar los fenómenos con conceptos teóricos o bien, por el contrario explicar los conceptos teóricos a partir de los fenómenos.

Las imágenes e ilustraciones que se pueden presentar en los libros pueden ser del fenómeno o ser una representación de entidades teóricas. Interesa analizar qué perspectiva promueve el libro en torno a la conceptualización del Cambio Químico, diferenciando los fenómenos de sus representaciones. ¿Se promueve la confusión entre fenómenos y entidades teóricas? ¿Cómo superan los libros esta dificultad? ¿Se explicita en los libros que los modelos submicroscópicos no son la realidad sino

representaciones parciales para interpretar los fenómenos de una manera particular? ¿Se explicitan los rangos de validez y limitaciones de los modelos? ¿Hay conexión entre los contenidos factuales y conceptuales?

¿Qué indicadores hay en los libros de la presencia de estas relaciones fenómeno-teoría? ¿Está presente el carácter factual de cada idea que presenta el libro? ¿Y el carácter teórico? ¿En qué grado? ¿Los hechos factuales explicitados en cada idea, se explican a partir de conceptos teóricos? ¿En qué forma? ¿Los conceptos teóricos, explican fenómenos? ¿En qué forma?

# CAPÍTULO 4

## RECOGIDA DE DATOS

En este capítulo se describen las consideraciones para la recogida de datos, detallado las secciones de las que se seleccionaron los mismos. Inicialmente se transcribe el índice de los contenidos del libro, indicando la sección de interés (unidad de contexto) y una descripción de la organización secuencial temática de dicha sección. A continuación se incluyen los datos transformados para cada idea básica, a partir de los instrumentos de análisis: los EPC para el análisis conceptual y la red sistémica de categorías semióticas de las inscripciones.

### 4.1 CONSIDERACIONES ACERCA DE LA RECOGIDA DE DATOS

Los datos primarios (Anexos 1 y 2) se seleccionaron de los apartados que expresan ideas relacionada a cada idea básica. Para ello se tuvo en cuenta la organización temática del libro: se identificaron datos según su pertinencia a la idea básica en cuestión, considerando la organización y secuenciación de desarrollo temático. Muchas de las ideas vinculadas a las ideas básicas del MCQ están desarrolladas en los libros de texto en apartados específicos, a los cuales se los consideró como fuentes exclusivas de los datos. Por ejemplo, fotografías correspondientes a reacciones químicas con manifestaciones perceptibles como color, luz, precipitados, que ilustran secciones o apartados correspondientes a clasificación de reacciones químicas, se tomaron como datos para la idea 9 referida a la clasificación de los Cambios Químicos, pero no para la idea 3 referida a sus cambios perceptibles. En las secciones 4.2.2 y 4.3.2 se detalla este criterio de selección de datos para cada libro, respectivamente.

### 4.2 LIBRO DE TEXTO 1 (LDT-1)

#### 4.2.1 Organización de los contenidos del libro y selección de sección de interés

El libro está organizado en 3 Bloques, cada uno de ellos subdividido en capítulos. En total presenta 7 capítulos:

*Bloque I. Materia y Energía*

1. Los materiales

2. La energía

*Bloque II. El mundo invisible*

3. Átomos, moléculas e iones

4. Fuerzas y campos

*Bloque III. Física y Química en nuestro entorno cotidiano*

5. La corriente eléctrica

6. Estructuras, propiedades y usos de los materiales

7. La energía, los materiales y el ambiente

De estos capítulos interesa el número 3: “Átomos, moléculas e iones” (pág. 53-73), el cual desarrolla las siguientes secciones: *Del modelo cinético-corpúscular a la teoría atómico-molecular. La tabla periódica de los elementos. Relación entre la estructura de las sustancias y sus propiedades. Las sustancias en la vida cotidiana. Las reacciones químicas.*

De este capítulo interesa la sección *Las reacciones químicas* (pág. 66-72), cuyos apartados son: *Las reacciones químicas. Las ecuaciones Químicas. Reacciones de síntesis. Reacciones de descomposición. Notas de laboratorio: la velocidad de las reacciones químicas. Reacciones de óxido-reducción. Reacciones de reconocimiento de sustancias. Notas de laboratorio: Reconocimiento de dióxido de carbono. Reconocimiento de vitamina C. Mientras tanto... “El escorbuto y la vitamina C”. Reacciones para calentar y enfriar. Notas de laboratorio: procesos exotérmicos y endotérmicos.*

#### **4.2.2 Desarrollo secuencial de la sección de interés y selección de datos.**

Esta sección se divide en unos párrafos introductorios bajo el título principal *Las reacciones químicas*, donde define el concepto, y en siete subtítulos subsiguientes.

*Las reacciones químicas*

- *Las ecuaciones químicas*
- *Reacciones de síntesis*
- *Reacciones de descomposición*
- *Reacciones de óxido-reducción*
- *Reacciones de reconocimiento de sustancias*

- *Reconocimiento de vitamina C*
- *Reacciones para calentar y enfriar.*

De este despliegue de títulos se interpreta que la sección está organizada en tres partes:

La primera corresponde a los párrafos introductorios bajo el primer título principal *Las reacciones químicas*. La segunda parte se desarrolla bajo el segundo título *Las ecuaciones químicas*. Y finalmente, se identifica una tercera parte que parece corresponder a la presentación de una “clasificación de las reacciones químicas”, la cual introduce cinco tipos de reacciones, desarrollados en los cinco títulos subsiguientes. Se detalla a continuación el contenido desarrollado bajo cada título.

En los párrafos bajo el título *Las reacciones químicas*, el libro comienza con la frase “*El mundo que nos rodea cambia constantemente*”, y a continuación provee ejemplos de transformaciones de la materia que se manifiestan por cambios en sus propiedades y en manifestaciones energéticas: “*si se oxida un clavo de hierro, deja de tener la dureza y el color originales*”, “*quemar unas ramas de árbol, su combustión liberará energía...*”. Estos ejemplos son utilizados para introducir la idea de que la materia se transforma. A continuación se propone la clasificación de los cambios en físicos y químicos, definiendo a cada uno de ellos. De este apartado se seleccionaron datos para las ideas básicas 1, 3 y 4.

El apartado siguiente es *Las ecuaciones Químicas*, en la que se describe el proceso para su escritura y ajuste, usando el ejemplo de la combustión completa del metano. Este apartado fue fuente de datos para la idea básica 6 y 7.

A partir de aquí los títulos se refieren a “tipos de reacciones químicas”. Sin embargo, al leer los contenidos desarrollados, no solo se encontraron ideas relacionadas a la idea básica 9, sino que se encontraron ideas relacionadas a otras.

El apartado *Reacciones de síntesis* comienza con la frase “*existen diversos tipos de reacciones*” y desarrolla el ejemplo de reacción entre magnesio y oxígeno.

Luego, en el apartado *Reacciones de descomposición* se presenta el caso de descomposición de peróxido de hidrógeno, introduciendo su aplicación a la desinfección de las heridas y su aspecto cinético en relación a la catalasa. Aquí se introduce un protocolo para la experiencia de laboratorio titulada “*La velocidad de las reacciones químicas*”. A continuación sigue el desarrollo del texto central, sin un

título orientador, con el contenido correspondiente a los aspectos energéticos de las reacciones químicas (idea básica 5), utilizando la descomposición del peróxido de hidrógeno como ejemplo de reacción que libera energía.

El título siguiente *Reacciones de óxido-reducción*, desarrolla brevemente este tema, nuevamente a partir del ejemplo de reacción entre magnesio y oxígeno.

*Reacciones de reconocimiento de sustancias* es un título que introduce en un breve párrafo el objetivo que se plantean los químicos con estas reacciones y a continuación propone un protocolo de laboratorio: “Reconocimiento de dióxido de carbono”.

El apartado siguiente, *Reconocimiento de vitamina C*, corresponde a un ejemplo del tipo de reacción anterior. Da una lista de los nutrientes, menciona problemas por deficiencia de vitamina C, sus fuentes naturales (frutas), y finalmente describe cómo reconocerla con tintura de iodo.

De los dos apartados anteriores se extrajeron datos para la idea básica 2.

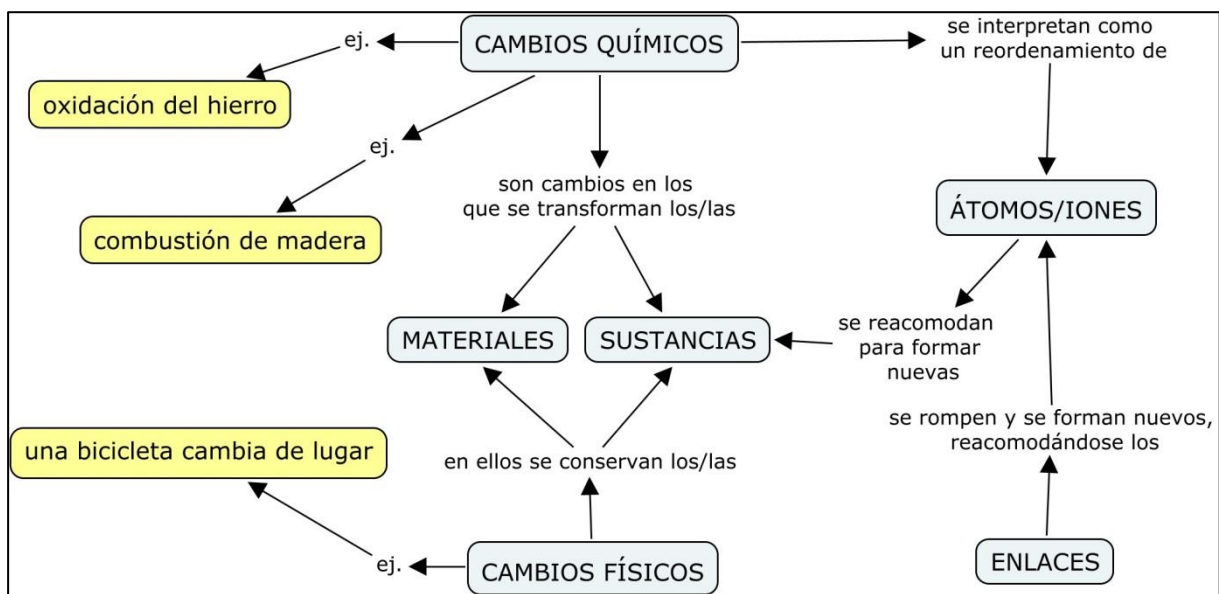
El último título es *Reacciones para calentar y enfriar*, que corresponde a la clasificación de las reacciones según el intercambio de energía entre sistema y entorno: endotérmicas y exotérmicas. (Este contenido ya fue desarrollado en el apartado *Reacciones de descomposición*). Se presentan ejemplos de funcionamiento de envases autocalentables y autoenfriables, así como de compresas instantáneas frías y calientes. De aquí se extrajeron datos para las ideas básica 5 y 9.

### 4.2.3 Datos transformados para cada idea básica – LDT-1

A continuación se presentan los *entramados palabras-conceptos* para el análisis conceptual y las *redes sistémicas* para el análisis semiótico de las inscripciones, ambos elaborados a partir de los datos primarios seleccionados (Anexo 1).

**IDEA BÁSICA 1: LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS**

#### I-EPC: Idea básica 1 – LDT-1

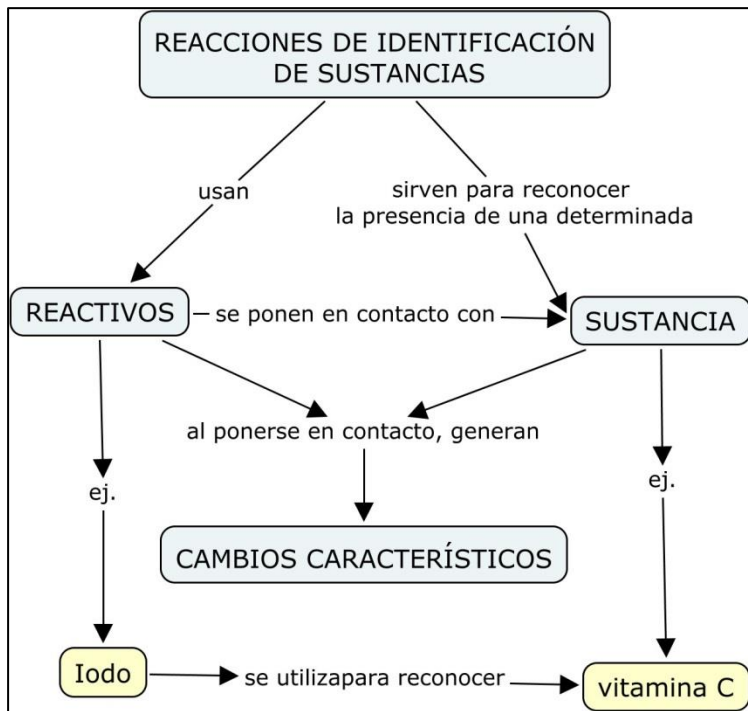


#### II-Clasificación semiótica para las inscripciones

LDT-1 IDEA 1			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR							
		EJEMPLIFICAR							
		DEFINIR					2		
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							

**IDEA BÁSICA 2: LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.**

**I-EPC: Idea básica 2 – LDT1**

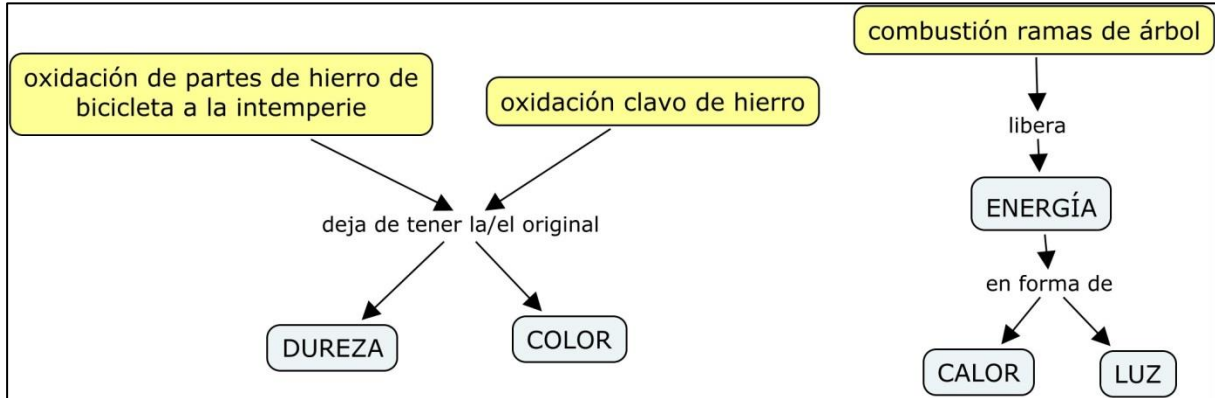


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

El libro no presenta inscripciones para esta estructura conceptual.

**IDEA BÁSICA 3: LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS**

**I-EPC: IDEA BÁSICA 3 – LDT 1**



**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

El libro no presenta inscripciones para esta estructura conceptual.

**IDEA BÁSICA 4: LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS PUEDE EXPLICARSE Y REPRESENTARSE CON MODELOS SUBMICROSCÓPICOS.**

**I-EPC: Idea básica 4 – LDT 1**

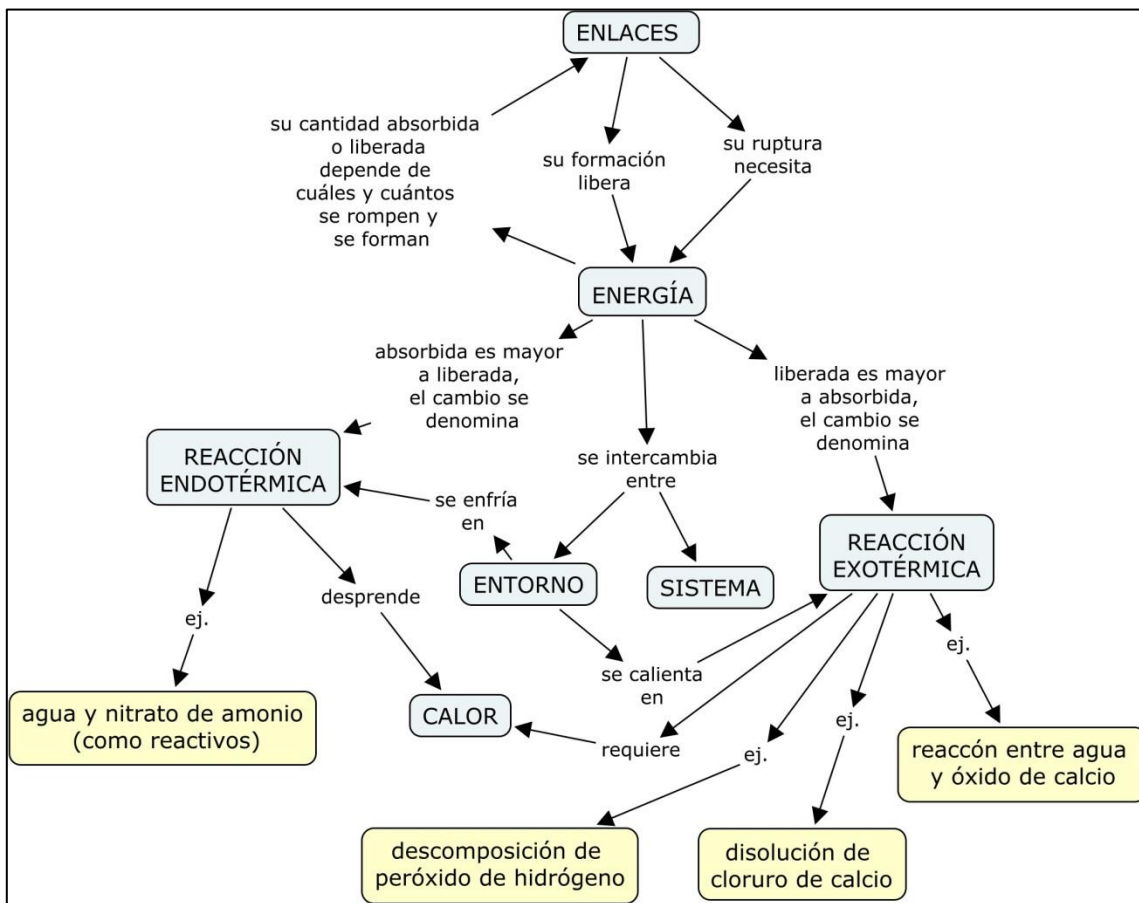


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-1 IDEA 4			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR							
		EJEMPLIFICAR							
		DEFINIR					1		
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							

**IDEA BÁSICA 5: LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.**

**I-EPC: Idea básica 5 – LDT 1**

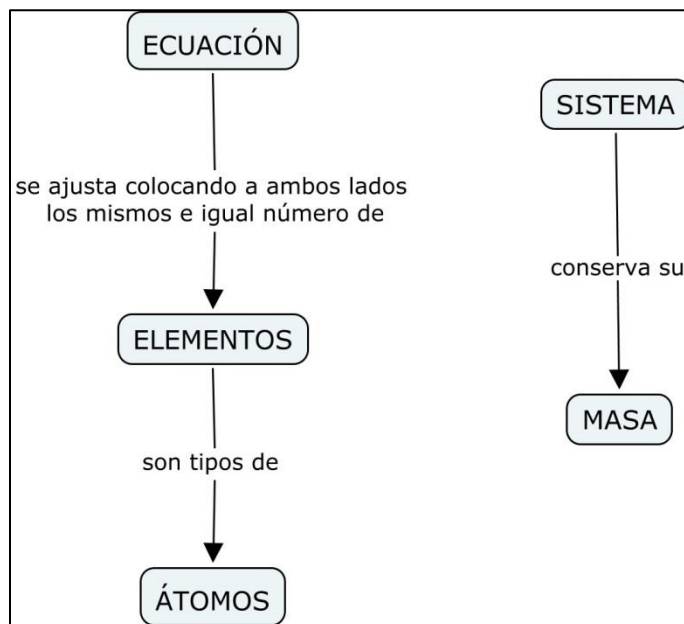


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-1 IDEA 5			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR		1					
		EJEMPLIFICAR				1			
		DEFINIR				1		2	
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							

**IDEA BÁSICA 6: LA CONSERVACIÓN DE LA MASA SE EXPLICA CON LA CONSERVACIÓN DE ÁTOMOS Y ELEMENTOS.**

**I-EPC: Idea básica 6 – LDT 1**

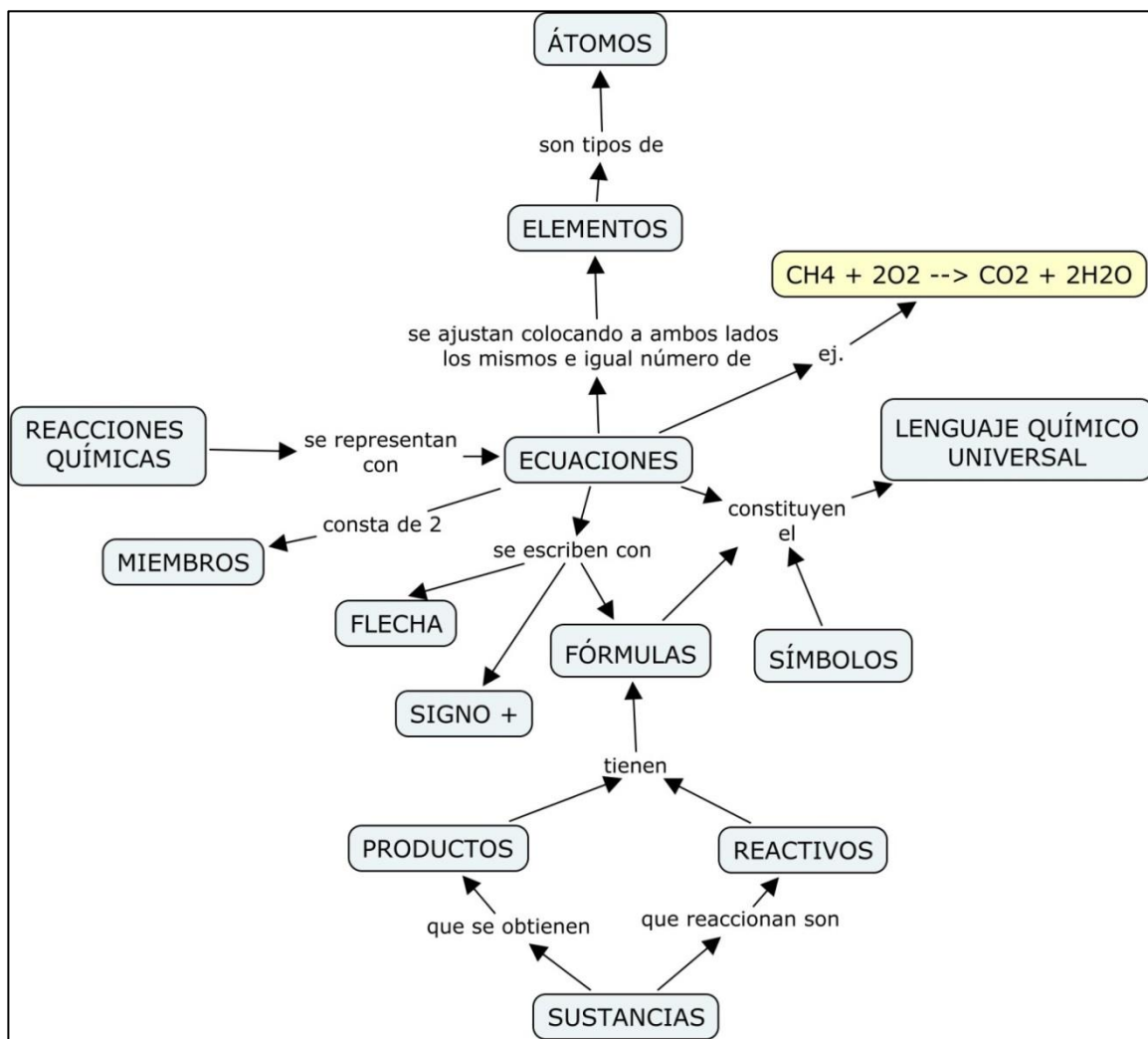


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-1 IDEA 6			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR						
		EJEMPLIFICAR						
		DEFINIR						
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR				1		

**IDEA BÁSICA 7: LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS.**

**I-EPC: Idea básica 7 – LDT 1**

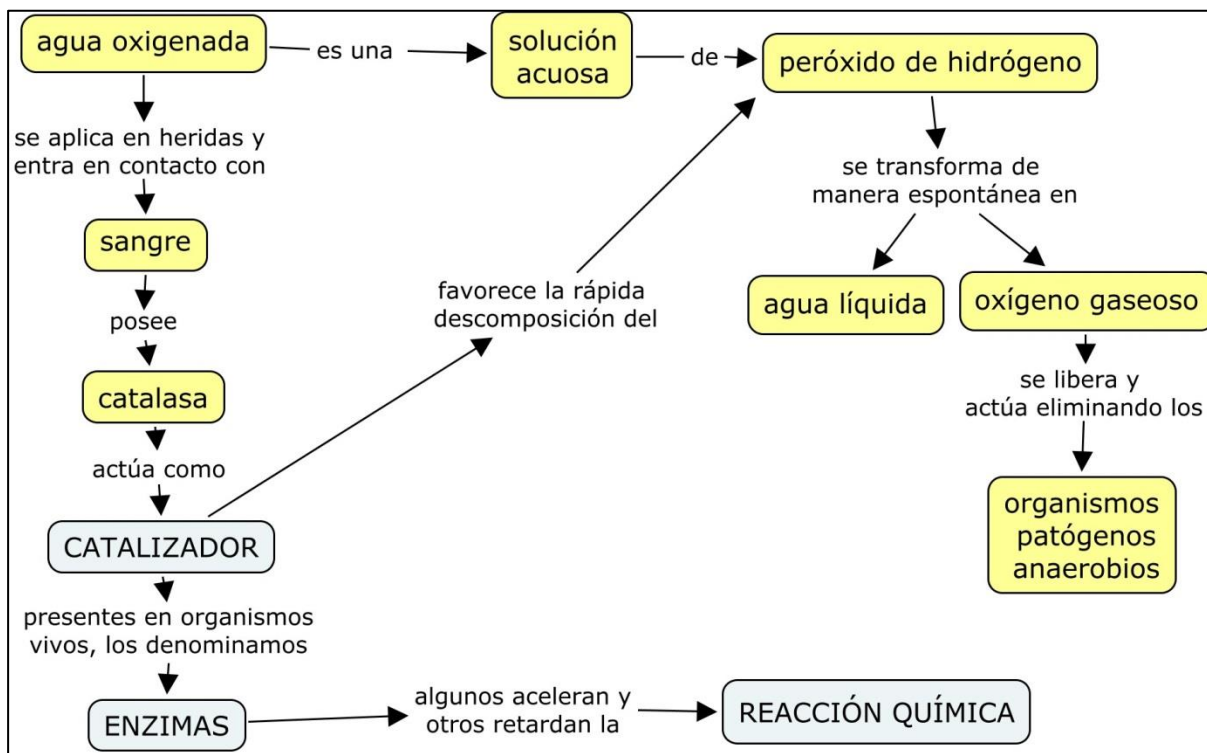


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-1 IDEA 7			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR						
		EJEMPLIFICAR					1	1
	DEFINIR							
INTERPRETATIVA	EXPLICAR					3		

**8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN SE EXPLICA MEDIANTE LA TEORÍA DE COLISIONES.**

**I-EPC: Idea básica 8 – LDT 1**

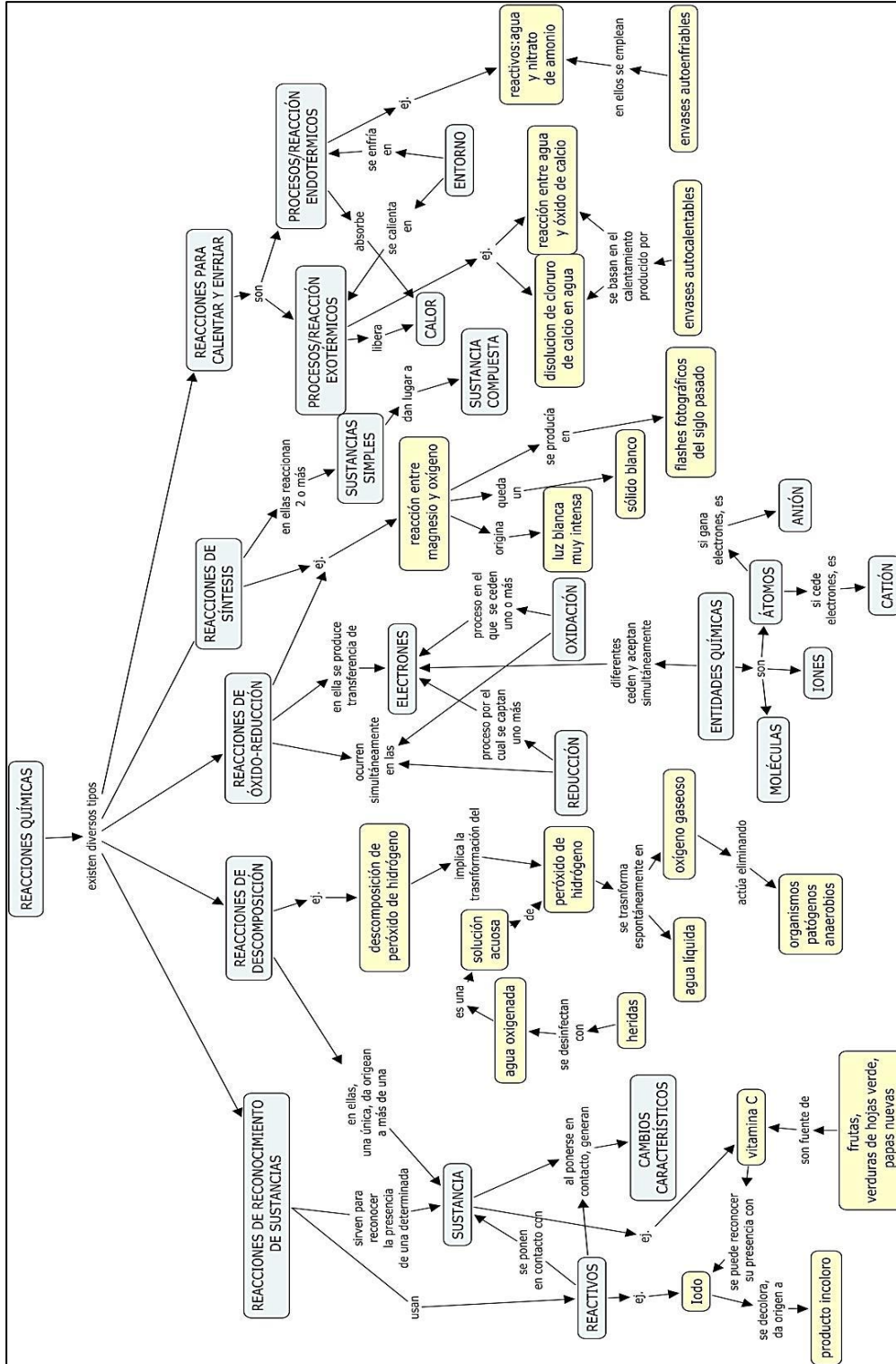


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-1 IDEA 8			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	1					1
		EJEMPLIFICAR				1		
		DEFINIR						
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR						

**IDEA BÁSICA 9: LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.**

**I-EPC: Idea básica 9 – LDT 1**



## II-Clasificación semiótica para las inscripciones

LDT-1 IDEA 9			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	2	1					1
		EJEMPLIFICAR	1						
		DEFINIR						3	
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR					3		

### 4.3 Libro de texto 2 (LDT-2)

#### 4.3.1 Organización de los contenidos del libro y selección de sección de interés

El libro está dividido en una Introducción y cuatro Bloques, cada uno de ellos formado por varios capítulos:

*Introducción: Conocimiento y ciencia*

*Bloque I: La naturaleza corpuscular de la materia*

*Capítulo 1: Estados y propiedades de la materia*

*Capítulo 2: Mezclas y soluciones*

*Capítulo 3: Reacciones químicas*

*Bloque II: El carácter eléctrico de la materia*

*Capítulo 4: Los átomos y la electricidad*

*Capítulo 5: La corriente eléctrica*

*Bloque III: Magnetismo y materia*

*Capítulo 6: El magnetismo*

*Capítulo 7: El magnetismo y la vida cotidiana*

*Bloque IV: Fuerzas y campos*

*Capítulo 8: Las fuerzas*

*Capítulo 9: Interacciones de superficie y volumen*

De estos capítulos interesa el número 3: "Reacciones Químicas" (pág.62-81), el cual desarrolla los siguientes temas: (en negrita los títulos, sin negrita los subtítulos):

**Los cambios. Los cambios físicos y químicos. Reacciones químicas.** Representación de las reacciones químicas. **Las reacciones químicas y el reordenamiento de átomos. Las leyes fundamentales del cambio químico.** La ley de la conservación de la masa. Experimento de Lavoisier. **La energía y las reacciones químicas.** La energía en la fotosíntesis. Energía de activación y modelo de colisiones. Colisiones efectivas y no efectivas. **Clasificación de las reacciones químicas.** Reacciones de combinación o síntesis. Formación de lluvia ácida. Reacciones de descomposición. Aplicaciones de las reacciones de descomposición. Reacciones ácido-base. Concepto de pH. Ejemplos de compuestos ácidos, básicos y neutros. La combustión. Combustibles y contaminación. Reacciones de óxido-

reducción. Reducción del óxido de hierro y metalurgia. La corrosión. Prevención de la corrosión. **Actividades de integración. Autoevaluación.**

De este capítulo interesan todos los apartados excepto los dos últimos dedicados a Actividades de integración y Autoevaluación.

#### **4.3.2 Desarrollo secuencial de la sección de interés y selección de datos**

El capítulo comienza con un apartado introductorio, *Los cambios*, que versa sobre los cambios que sufre la materia, mencionando que los cambios pueden ser transformaciones físicas y químicas, que pueden ser lentas o rápidas. Los ejemplos dados son: oxidación de un metal, combustión de un fósforo. También menciona que existen muchas reacciones en nuestro cuerpo, como alimentarnos, el cuerpo que envejece, la hojas de los árboles cambian de color, los vegetales crecen... Los dos primeros apartados, *Los cambios* y *Los cambios físicos y químicos*, están dedicados a la distinción entre cambios físicos y cambios químicos, definiendo a cada uno de ellos. De estos apartados se extrajeron datos para la idea básica 1 y 4.

El apartado siguiente, *Reacciones Químicas*, fue fuente de datos para las ideas básicas 2 y 3, ya que trata la puesta en evidencia de reacciones químicas de manera empírica. El subtítulo siguiente es *Representación de las reacciones químicas*, el cual desarrolla contenido en torno a las ecuaciones químicas y de donde se recolectaron datos para la idea básica 7.

El título que sigue se denomina *Las reacciones químicas y el reordenamiento de átomos*. Desarrolla la modelización de las reacciones químicas con el modelo de partículas. De este apartado se recogieron datos para la idea básica 4.

Sigue el título *Las leyes fundamentales del cambio químico*, bajo el que se desarrolla una sola ley: la *Ley de la conservación de la masa*. De este apartado se recogieron datos para la idea básica 6.

El apartado *La energía y las reacciones químicas* desarrolla los aspectos energético de los Cambios Químicos. El subtítulo *La energía en la fotosíntesis aporta* un ejemplo. Estas secciones aportan datos para la idea básica 5. Los subtítulos siguientes, *Energía de activación y modelo de colisiones*, y, *Colisiones efectivas y no efectivas*, desarrollan ideas relacionadas a la idea básica 8.

El último título principal es *Clasificación de las reacciones químicas*, el cual

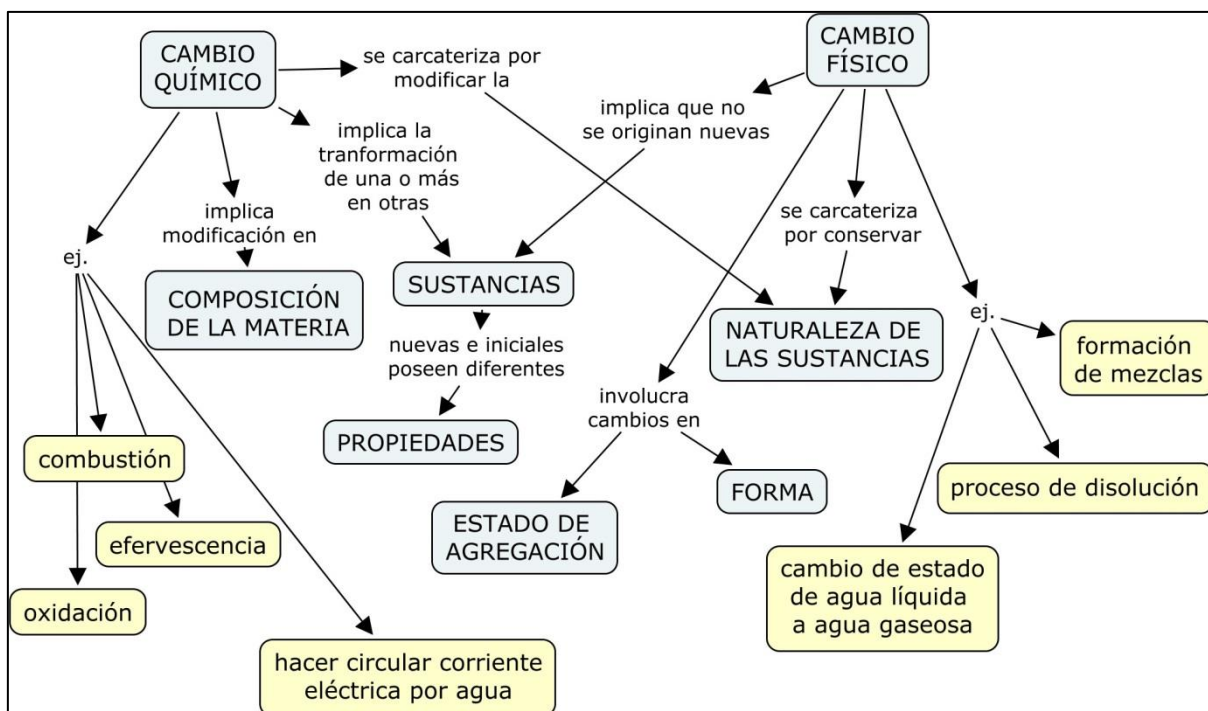
presenta cuatro tipos de reacciones químicas: de síntesis, de descomposición, de sustitución simple y de sustitución doble. A continuación se desarrollan los siguientes apartados: *Reacciones de combinación o síntesis, formación de lluvia ácida. Reacciones de descomposición, Aplicaciones de las reacciones de descomposición. Reacciones ácido-base, Concepto de pH, Ejemplos de compuestos ácidos, básicos y neutros. La combustión, Combustibles y contaminación. Reacciones de óxido-reducción, Reducción del óxido de hierro y metalurgia, La corrosión, Prevención de la corrosión.* De todos estos apartados se seleccionaron datos relacionados a la idea básica 9.

### 4.3.3 Datos transformados para cada idea básica – LDT-2

A continuación se presentan los *entramados palabras-conceptos* (EPC) para el análisis conceptual y las *redes sistémicas* para el análisis semiótico de las inscripciones, ambos elaborados a partir de los datos primarios seleccionados (Anexo 2).

**IDEA BÁSICA 1: LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS**

#### I-EPC: Idea básica 1 – LDT 2



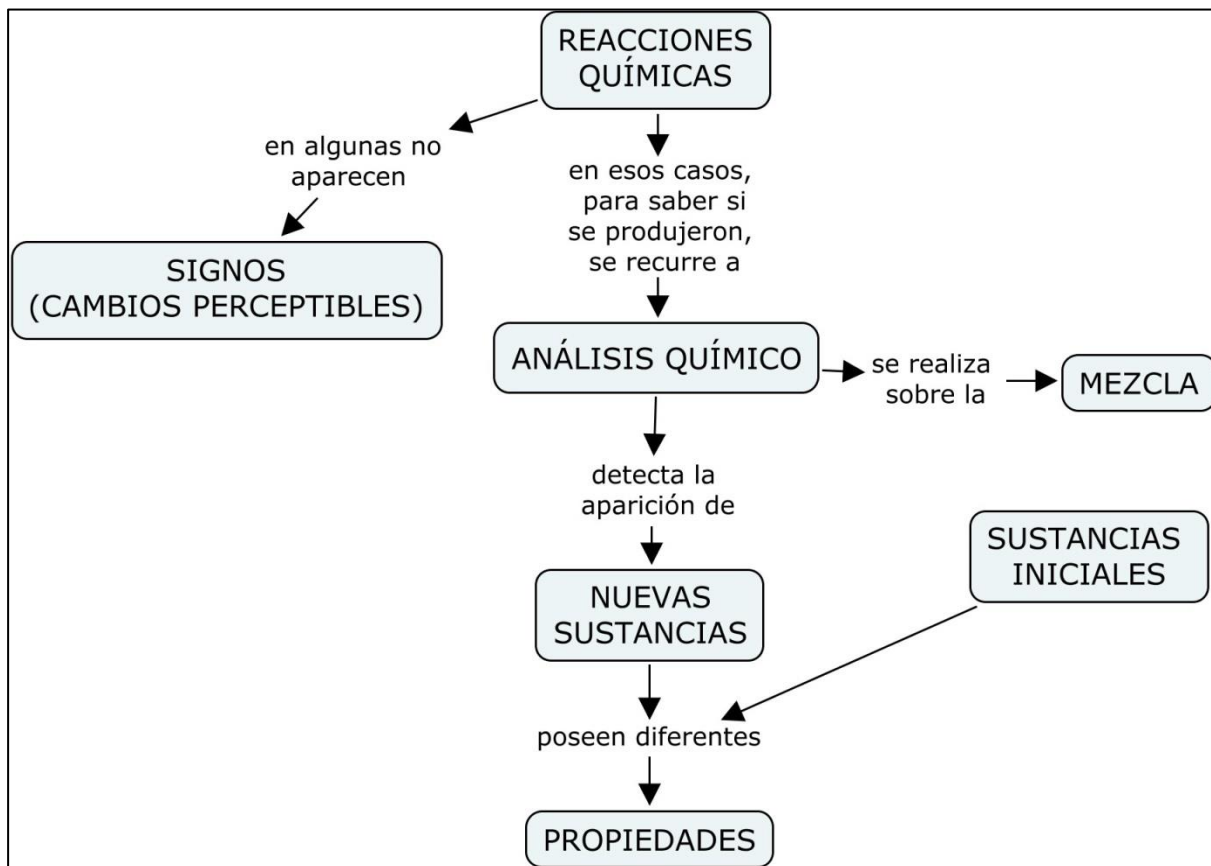
#### II-Clasificación semiótica para las inscripciones

LDT-2 IDEA 1			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR						1*	
		EJEMPLIFICAR						1*	
		DEFINIR						1*	
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR			3				

\*Único organizador conceptual con tres funciones: define, ejemplifica y describe maneras de reconocer CQ.

**IDEA BÁSICA 2: LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.**

**I-EPC: idea básica 2 – LDT 2**

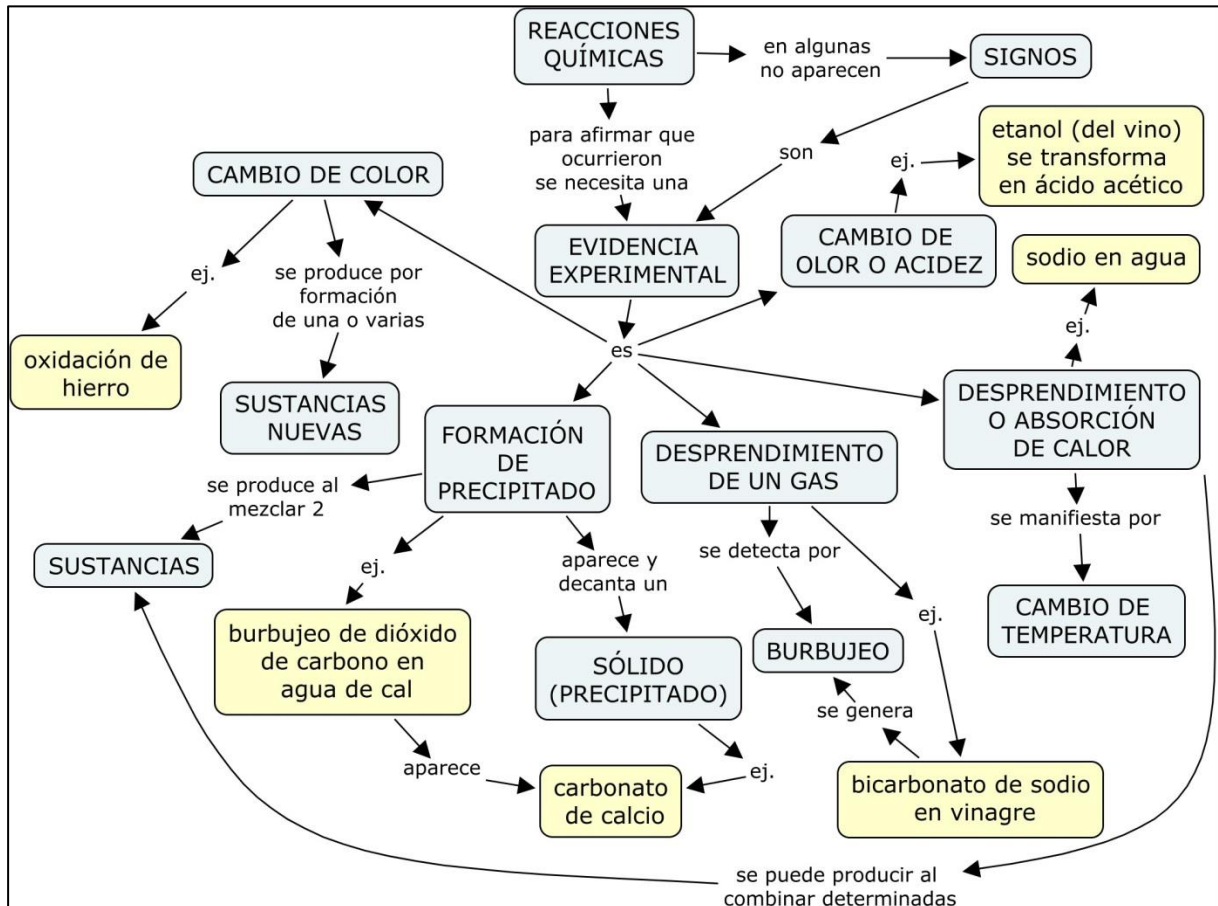


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

No se presentan inscripciones relativas a la idea básica 2.

**IDEA BÁSICA 3: LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS**

**I-EPC: Idea básica 3 – LDT 2**

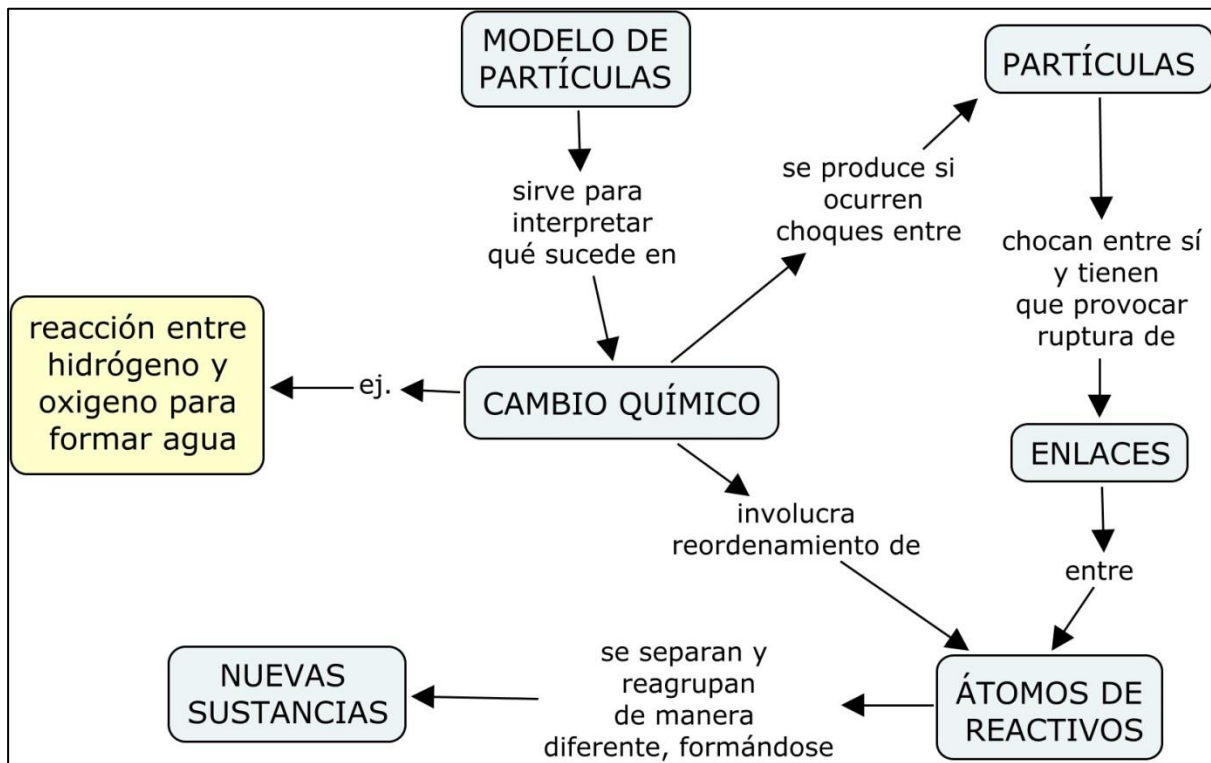


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-2 IDEA 3			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR					1	
		EJEMPLIFICAR	2					
	DEFINIR							
INTERPRETATIVA	EXPLICAR							

**IDEA BÁSICA 4: LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS PUEDE EXPLICARSE Y REPRESENTARSE CON MODELOS SUBMICROSCÓPICOS.**

**I-EPC: Idea básica 4 – LDT 2**

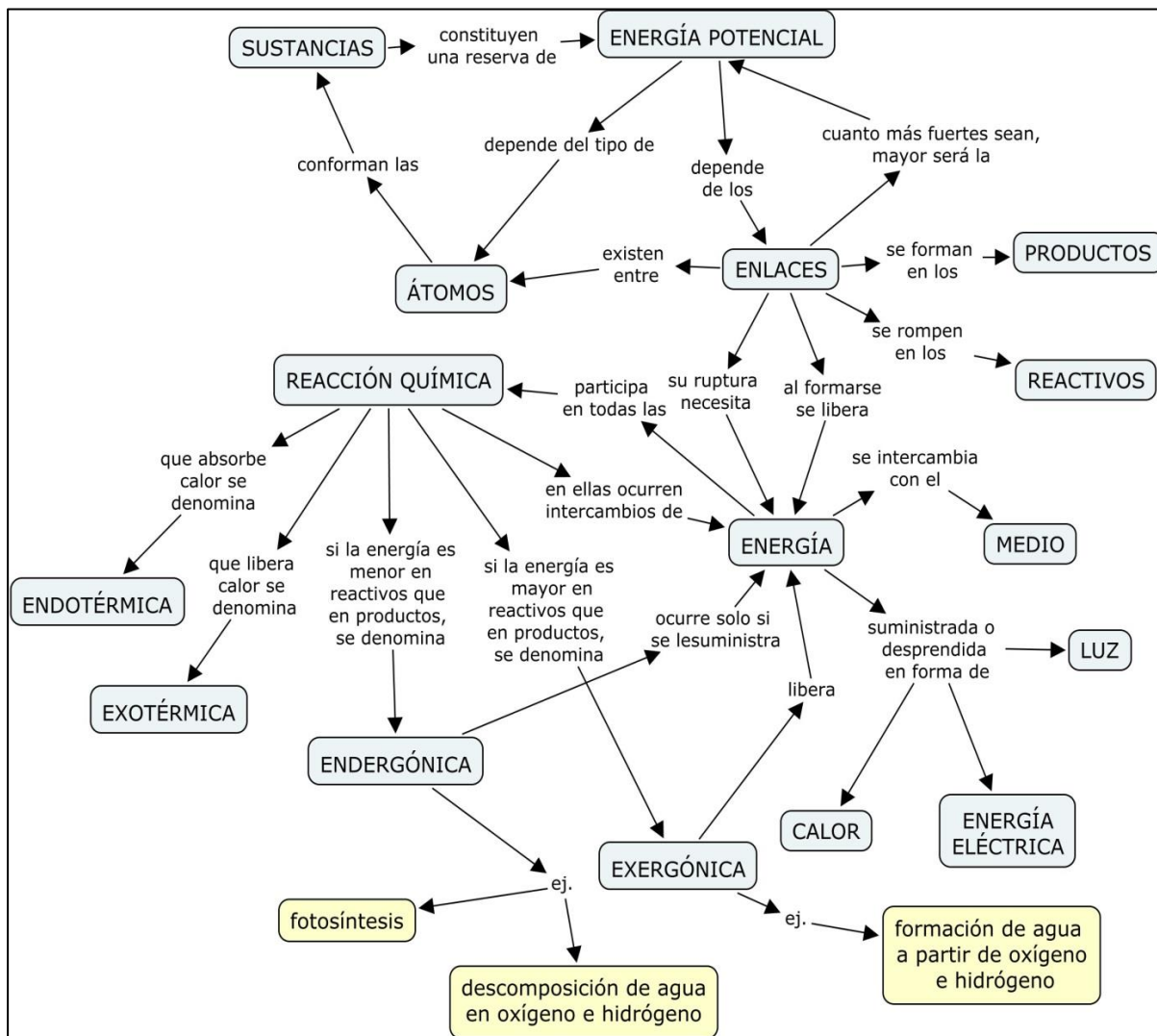


**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-2 IDEA 4			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR						
		EJEMPLIFICAR						
		DEFINIR						
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR						1

**IDEA BÁSICA 5: LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.**

**I-EPC: Idea básica 5 – LDT 2**



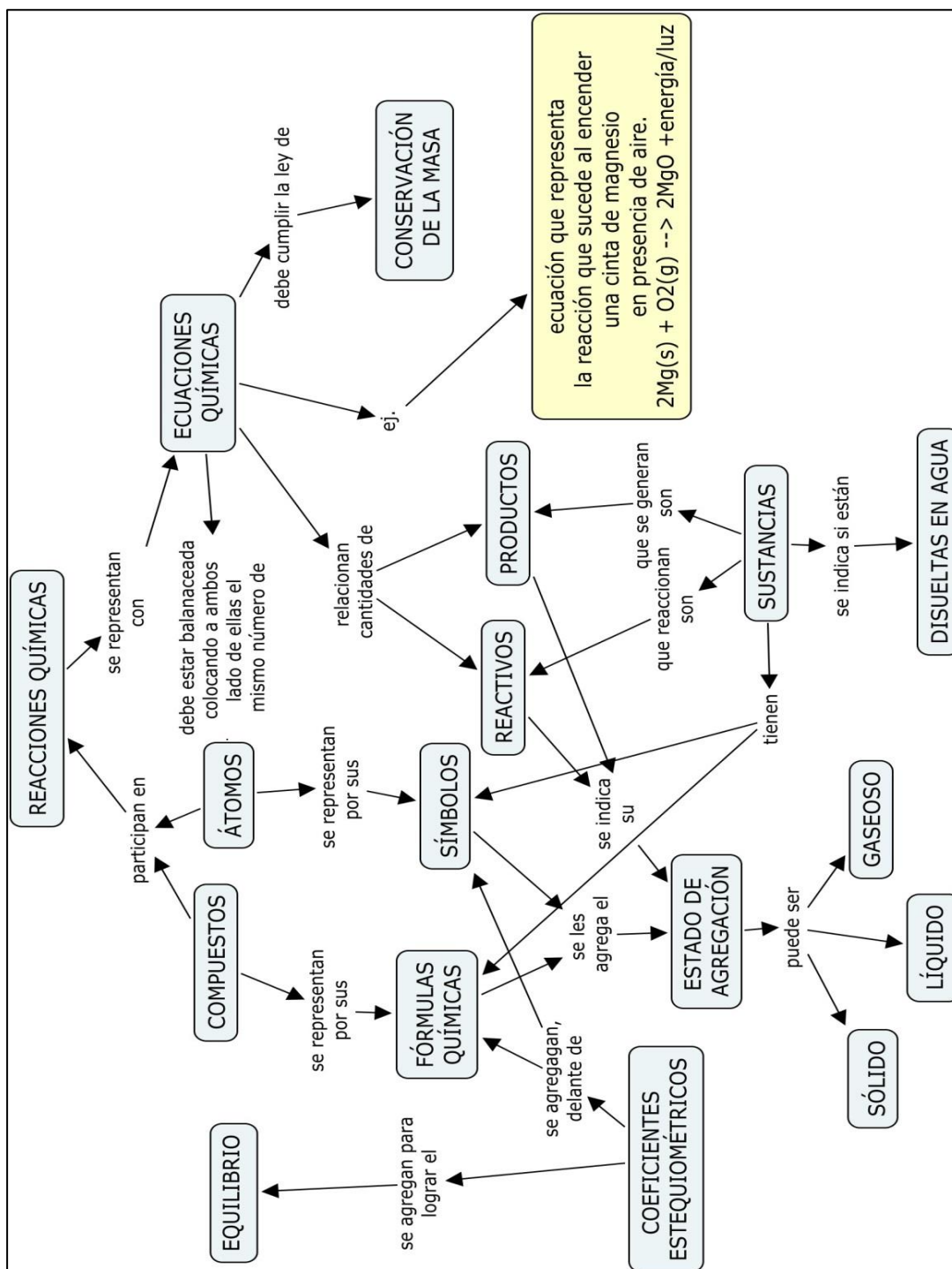
## II-Clasificación semiótica para las inscripciones

LDT-2 IDEA 5			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	1				3		1
		EJEMPLIFICAR							
		DEFINIR							
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							



**IDEA BÁSICA 7: LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS**

**I-EPC: Idea básica 7- LDT 2**

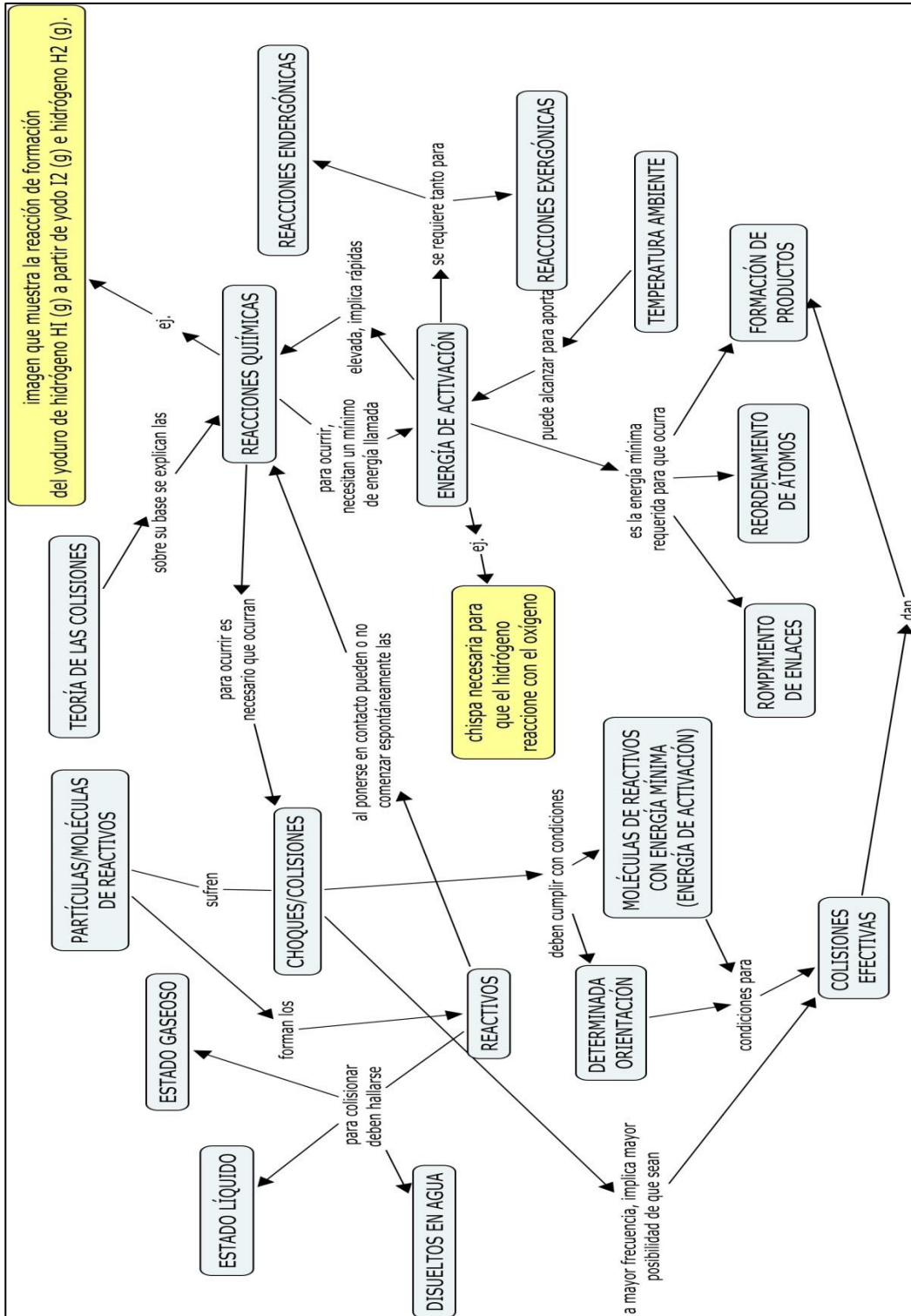


## II -Clasificación semiótica para las inscripciones

LDT-2 IDEA 7			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR							1
		EJEMPLIFICAR	1						
		DEFINIR							
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							

**IDEA BÁSICA 8: LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN SE EXPLICA MEDIANTE LA TEORÍA DE COLISIONES.**

**I-EPC: Idea básica 8 – LDT 2**

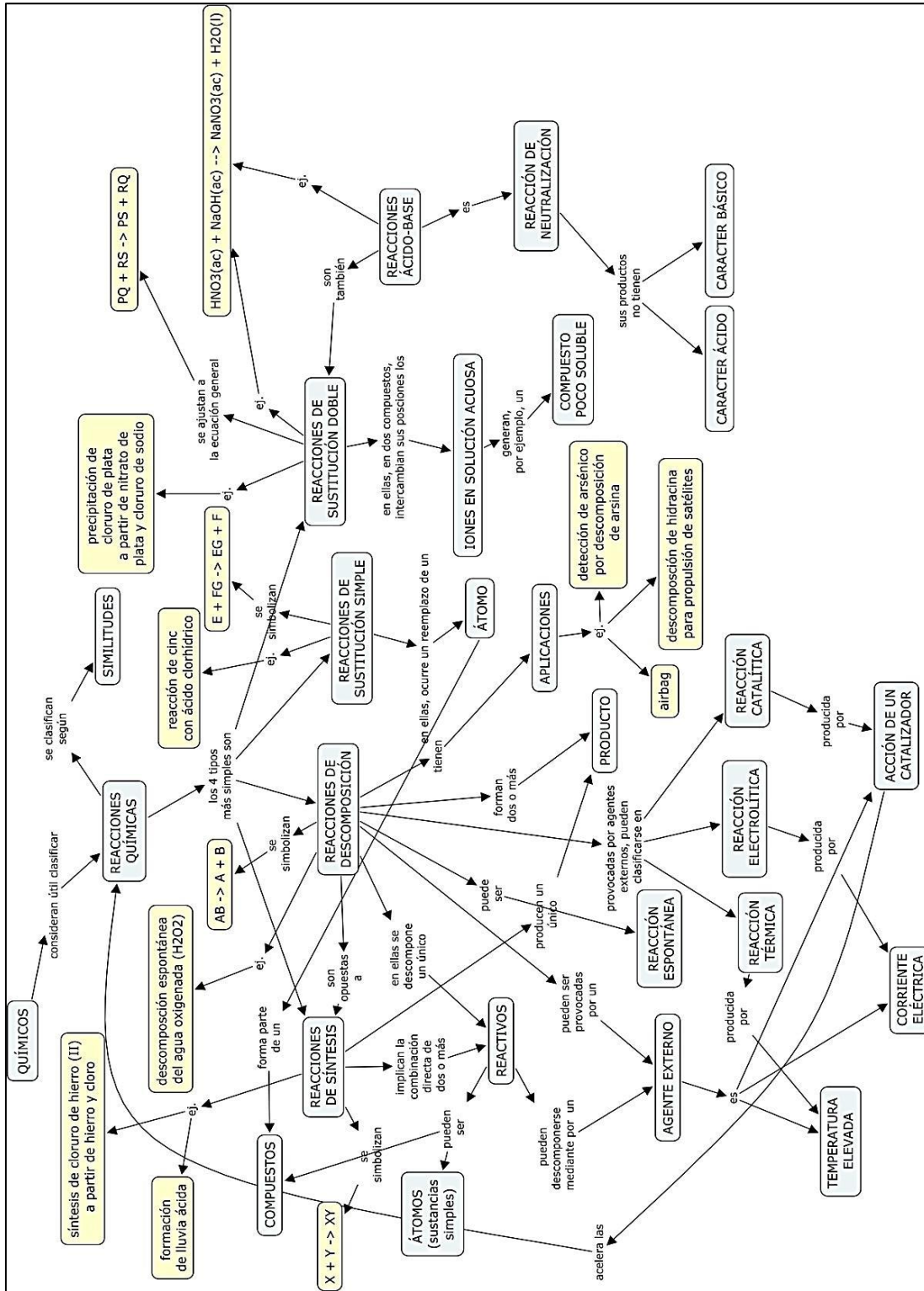


## II-Clasificación semiótica para las inscripciones

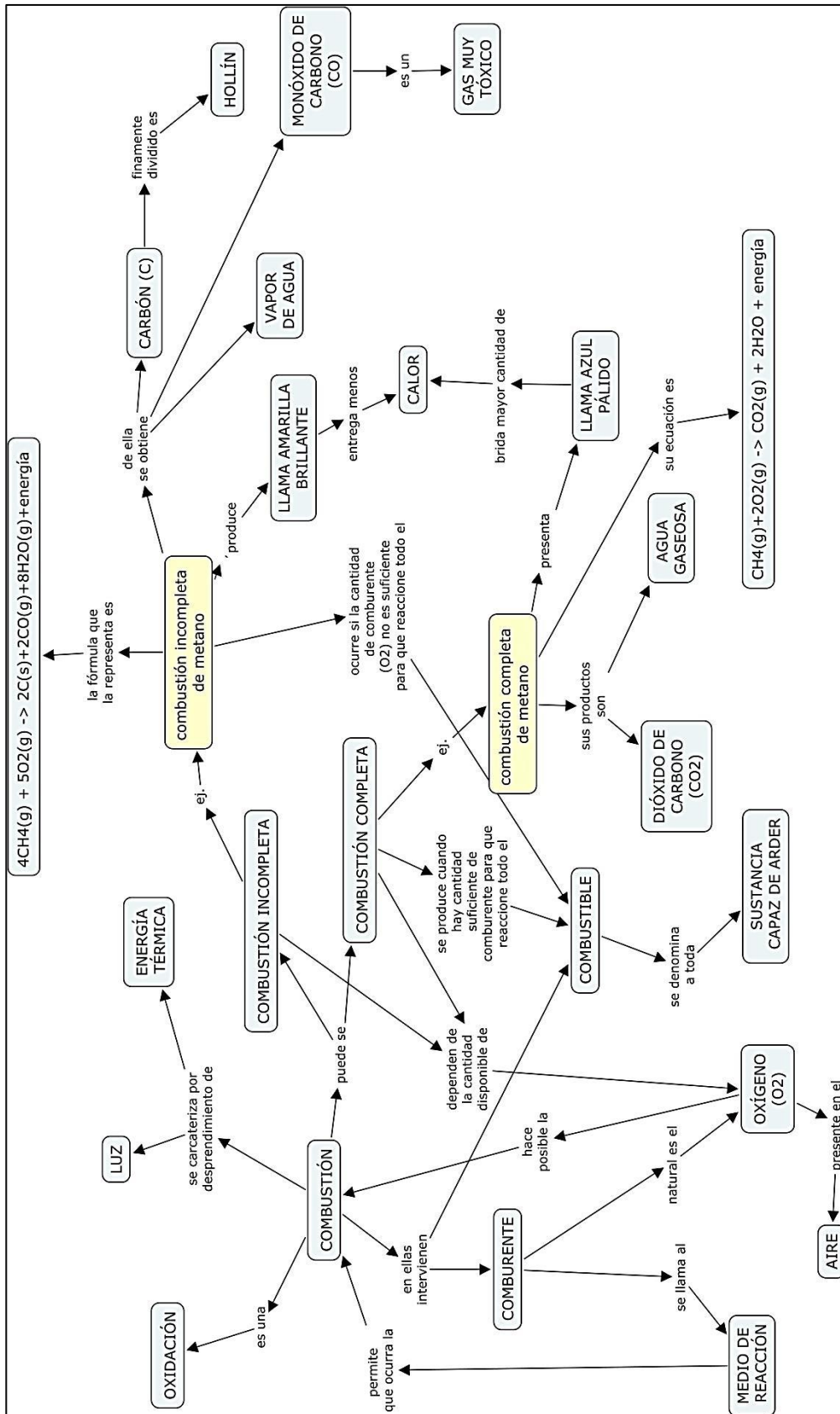
LDT-2 IDEA 8			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR							
		EJEMPLIFICAR	1						
		DEFINIR							
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR							1

**IDEA BÁSICA 9: LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.**

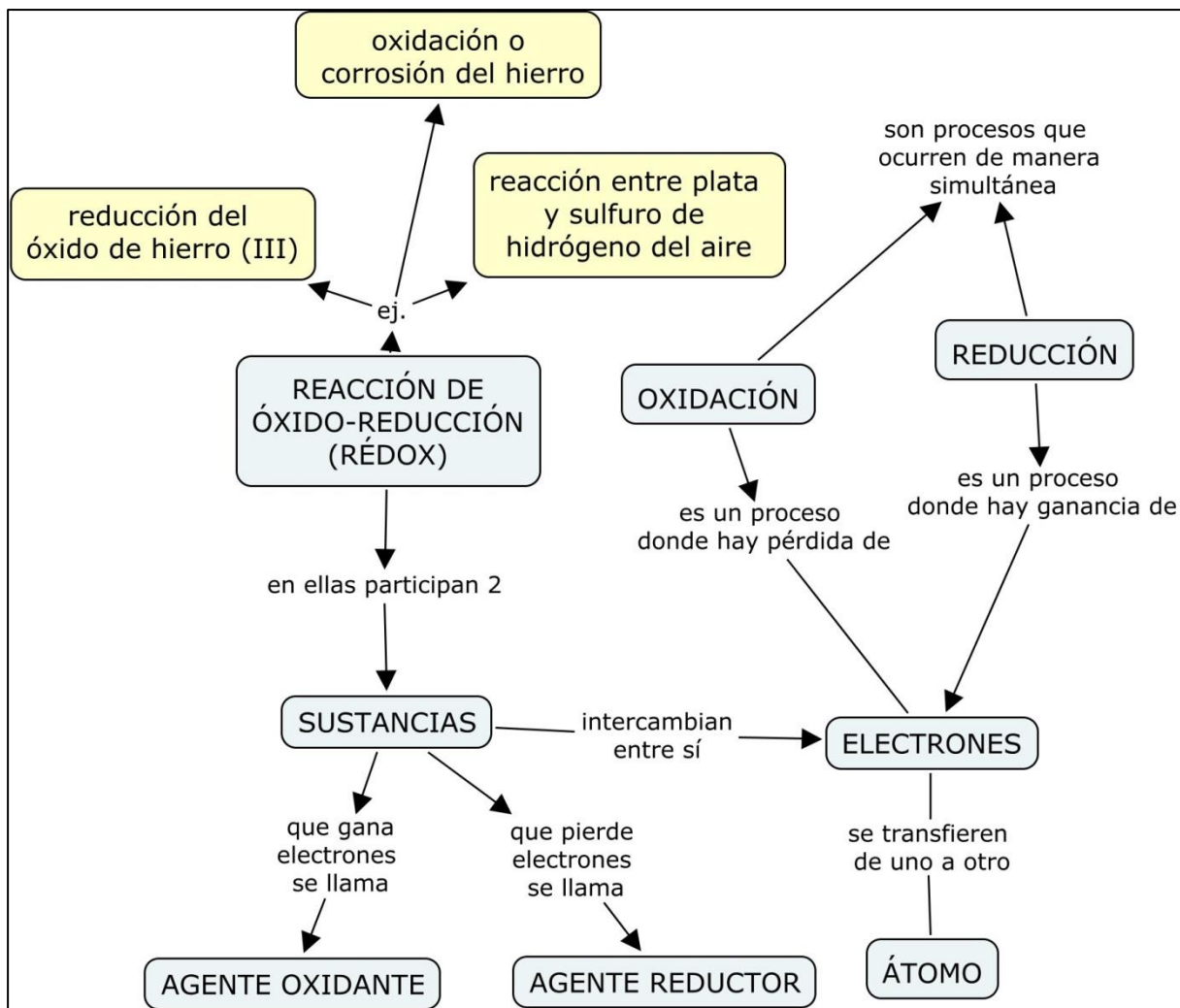
**I-EPC1: idea básica 9 – LDT 2**



EPC 2: Idea básica 9 – LDT 2



**EPC 3: Idea básica 9 – LDT 2**



**II-Clasificación semiótica para las inscripciones**

LDT-2 IDEA 9			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	6						
		EJEMPLIFICAR	3	2		7			
		DEFINIR				4	3		
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR	1					1	

## 4.4 VISIÓN GLOBAL CUANTITATIVA DE LOS DATOS

### 4.4.1 Contenido conceptual

Para tener una visión global de qué ideas *relacionadas* a las ideas básicas del MCQ están presentes o ausentes en los libros, se construyó la Tabla 7, que permite tener un primer panorama. Esta tabla no refleja el grado de precisión ni la completitud en relación al MCQ, de cada idea en los libros. Simplemente indica la presencia o ausencia de conceptos y relaciones relacionados a cada idea.

El código **Sí** indica que el libro presenta al menos un recurso semiótico que presenta conceptos y relaciones vinculados con la idea correspondiente. El código **--** indica su ausencia.

Tabla 2. Presencia/Ausencia de ideas relacionadas a las ideas básicas del MCQ en los libros texto.

		IDEAS BÁSICAS								
LDT-1		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RECURSOS SEMIÓTICOS	DEFINICIONES, DESCRIPCIONES, EXPLICACIONES, ETC.	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	--	Sí
	EJEMPLOS	--	Sí	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	INSCRIPCIONES	Sí	--	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
LDT-2		1	2	3	4	5	6	7	8	9
RECURSOS SEMIÓTICOS	DEFINICIONES, DESCRIPCIONES, EXPLICACIONES, ETC.	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	EJEMPLOS	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
	INSCRIPCIONES	Sí	--	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí

#### 4.4.2 Contenido semiótico

En los siguientes gráficos se resume de manera cuantitativa la información recabada sobre las inscripciones.

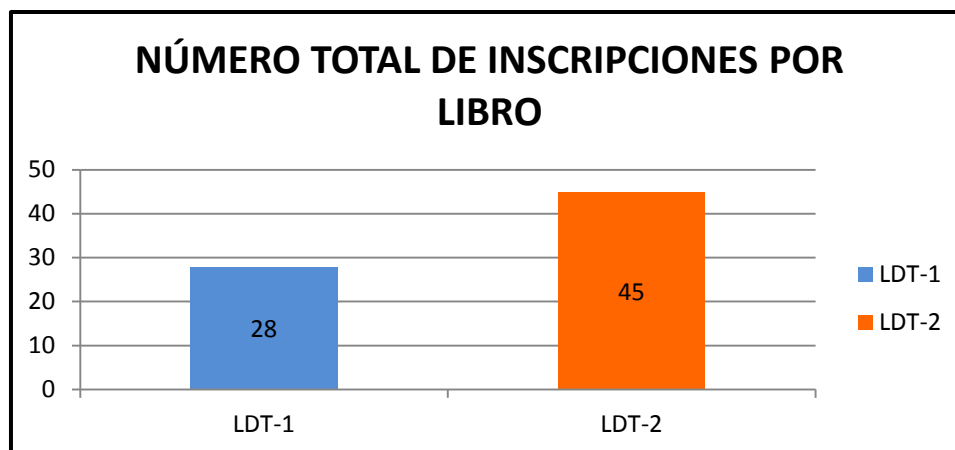


Gráfico 1: Número total de inscripciones por libro

Tabla 3: Inscripciones por género y función – LDT-1

TOTAL DE INSCRIPCIONES LDT-1			GÉNERO					
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	3	2				2
		EJEMPLIFICAR	1				2	1
		DEFINIR				1		8
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR				7		

Tabla 4: Inscripciones por género y función – LDT-2

TOTAL DE INSCRIPCIONES LDT-2			GÉNERO						
			Fotografía	Dibujo figurativo	Diagrama molecular	Diagrama procesual	Simbólica química	Organizador Conceptual	Inscripción mixta
FUNCIÓN	ILUSTRATIVA	DESCRIBIR	7				3	2*	3
		EJEMPLIFICAR	7	2			7	1*	
		DEFINIR					4	4*	
	INTERPRETATIVA	EXPLICAR	1		4				2

\* 1 organizador conceptual presenta las tres funciones: describir, ejemplificar y definir.

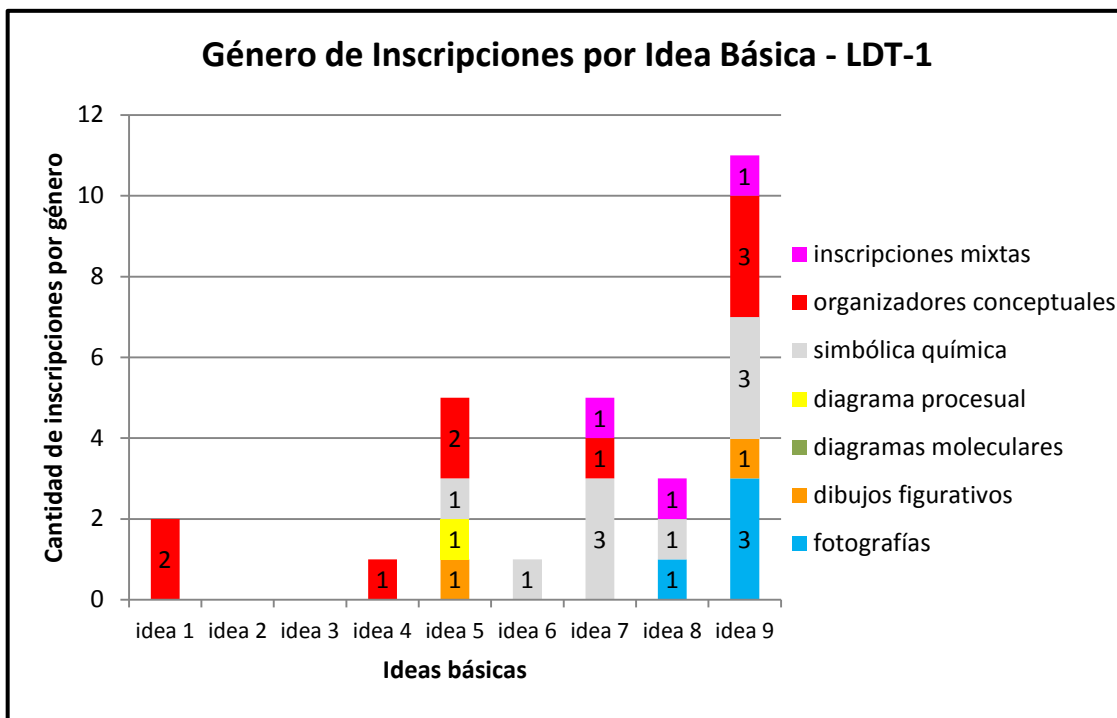


Gráfico 2: Género de inscripciones por idea básica – LDT-1

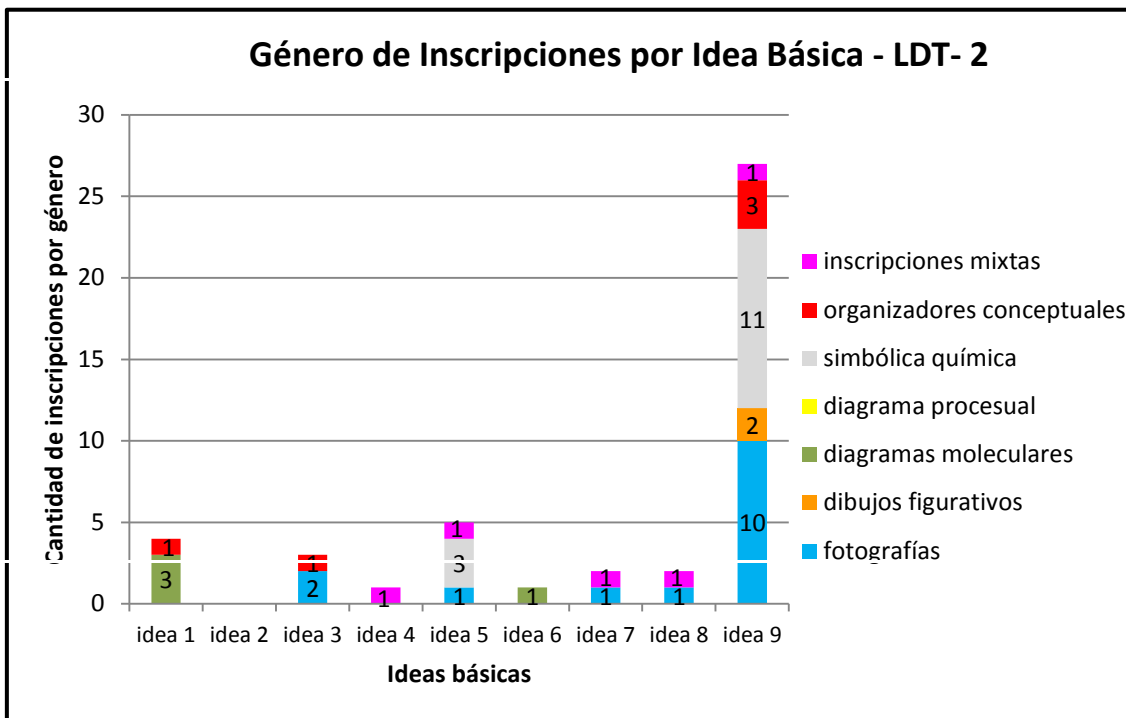


Gráfico 3: Género de inscripciones por idea básica – LDT-2

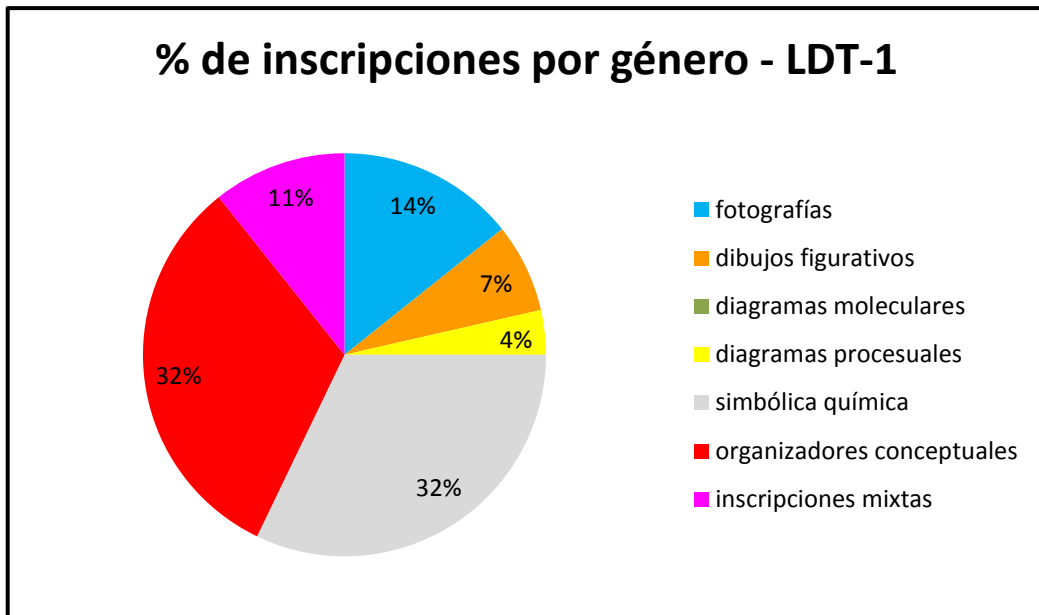


Gráfico 4: Porcentaje de inscripciones por género – LDT-1

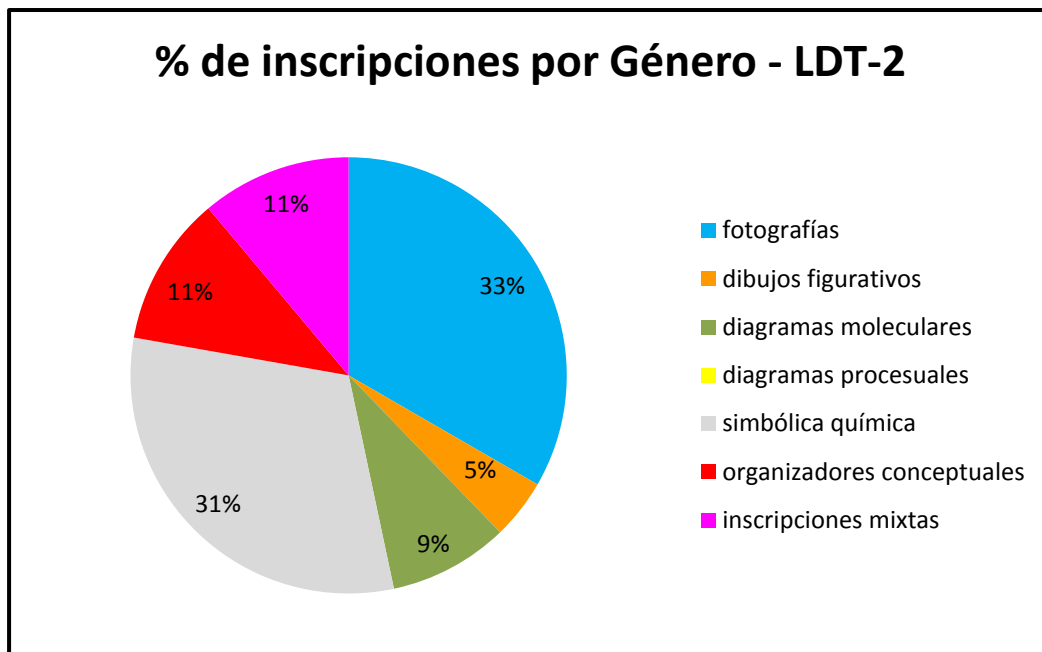


Gráfico 5: Porcentaje de inscripciones por género – LDT-2

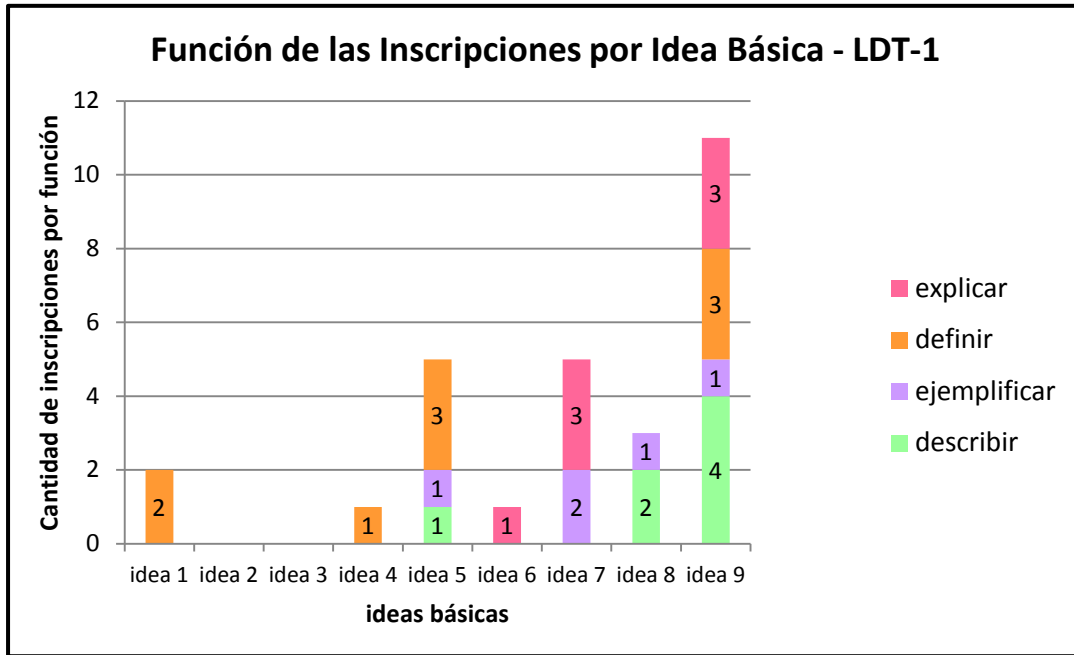


Gráfico 6: Función de inscripciones por idea básica – LDT-1

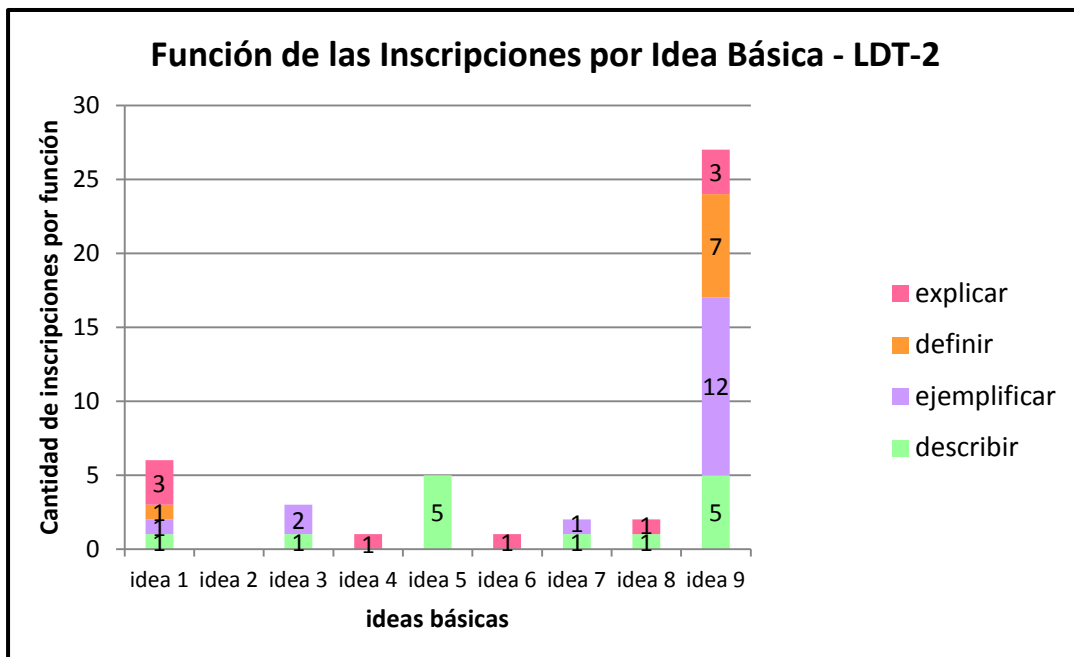


Gráfico 7: Función de inscripciones por idea básica – LDT-2

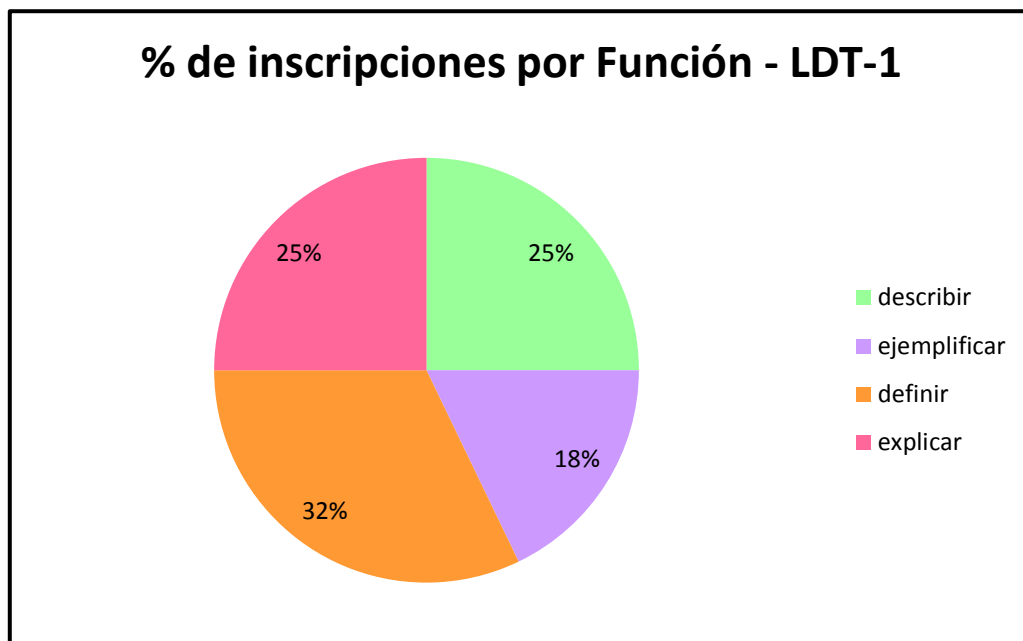


Gráfico 8: Porcentaje de inscripciones por función – LDT-1

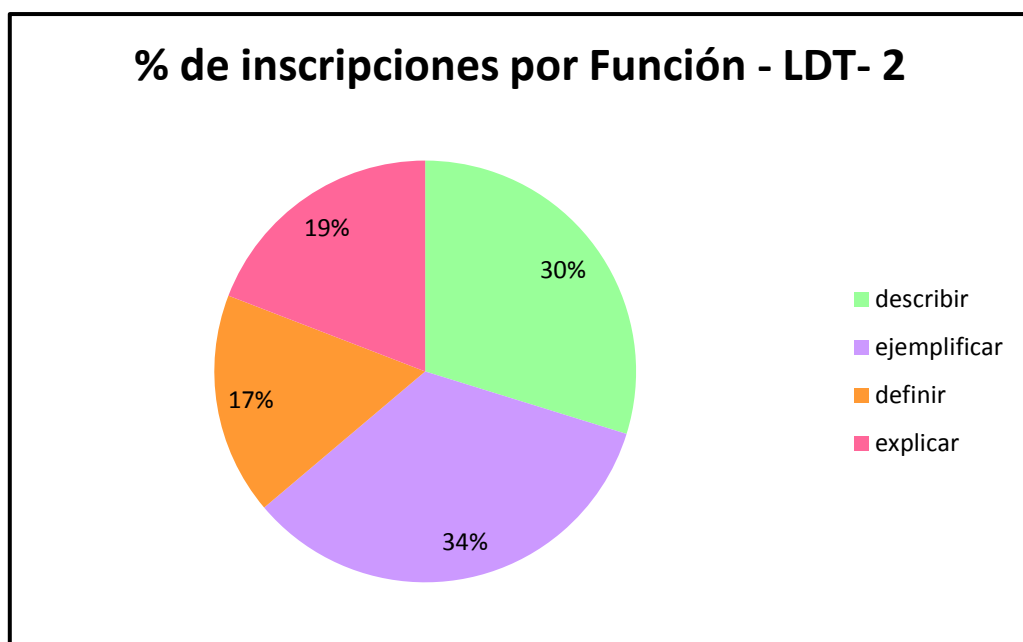


Gráfico 9: Porcentaje de inscripciones por función – LDT-2

# CAPÍTULO 5

## ANÁLISIS DE DATOS

En este capítulo se presenta el análisis conceptual y semiótico de cada idea básica por libro de texto.

### 5.1 ANÁLISIS POR LIBRO

#### 5.1.1 Análisis del LDT-1

##### Idea básica 1

**1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.** Los CQ son cambios en un sistema material que involucran la formación de nueva/s sustancia/s (productos) a partir de la transformación de una o más sustancias iniciales (reactivos).

##### Análisis de la estructura conceptual

Se define a los Cambios Químicos por contraposición con los cambios físicos. La definición macroscópica de Cambio Químico de este libro no presenta precisión conceptual, ya que se define al Cambio Químico como *la transformación de los “materiales” o de las “sustancias”, usando indistintamente* ambos términos. Para ello, se hace referencia a ejemplos de fenómenos que manifiestan cambios perceptibles como la oxidación del hierro y la combustión de la madera.

Los conceptos “reactivo” y “producto” están ausentes (recién aparecen mencionados en el apartado siguiente “Las ecuaciones químicas”). El concepto “sistema material” también está ausente en la expresión de la definición macroscópica de Cambio Químico.

Se puede suponer que la formación de nuevas sustancias podría ser una idea latente en esta definición de Cambio Químico. Sin embargo, la definición expresada de esa manera imprecisa (¿qué significa “transformación de los materiales”?), promueve la idea errónea de que en los Cambios Químicos se transforman las *propiedades* de los materiales, conservándose las sustancias. También, puede interpretarse erróneamente la conservación de las propiedades de los materiales

durante los Cambios Físicos. Por otro lado, se manifiesta la idea errónea de considerar los términos “material” y “sustancia” como sinónimos.

*“En algunos cambios las sustancias que forman los materiales se conservan.... A este tipo de cambios en los que los materiales se conservan los denominamos cambios físicos... ..En otros tipos de cambio, los materiales se transforman...A este tipo de cambios en los que se transforman los materiales los llamamos cambios químicos”*

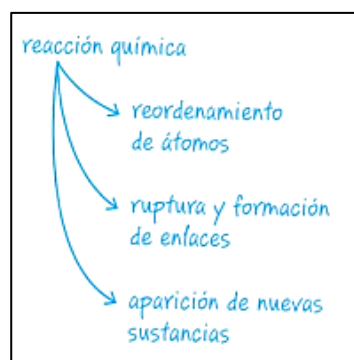
La formación de nuevas sustancias es explicitada en el nivel submicroscópico como reacomodamiento de átomos, ruptura y formación de enlaces y conservación de elementos.

El libro no presenta ningún ejemplo de la formación de nuevas sustancias ni a nivel macroscópico ni a nivel submicroscópico.

En la relación teórico factual identificada se presentan ejemplos de hechos factuales, pero se los conecta con conceptos de manera errónea en cuanto al atributo crítico del Cambio Químico: simplemente se menciona la “transformación de los materiales/sustancias”, lo cual no contribuye a la construcción de la idea básica 1.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

El libro presenta dos inscripciones correspondientes al género *organizador conceptual*, cuya función es *definir* los conceptos de cambio físico, cambio químico y reacción química:



Estas inscripciones repiten la información ya dada en el texto central, utilizando el mismo modo de representación: modo textual.

## Idea básica 2

**2. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.** Los productos y los reactivos, se identifican y diferencian empíricamente, mediante sus propiedades específicas, observables y/o medibles a través de instrumentos.

### **Análisis de la estructura conceptual**

Esta idea no está presente, y esta ausencia está en concordancia con la ausencia de la idea de formación de nuevas sustancias a nivel macroscópico. Sin embargo, vale observar que en un apartado posterior denominado “Clasificación de las reacciones químicas”, se menciona a las “reacciones de identificación de sustancias” como una clase de reacciones químicas. Aquí se está introduciendo el análisis químico (aunque no se lo nombra de esa manera), para poner en evidencia la presencia de una determinada sustancia, utilizando determinados “reactivos” que al ponerse en contacto con esa sustancia generarán “cambios característicos”. Da el ejemplo del reconocimiento de la vitamina C con Iodo. Sin embargo no hace uso de esta idea para clasificar a la transformación en cuestión como un Cambio Químico, mediante la puesta de evidencia de formación de sustancias nuevas.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

La idea no presenta inscripciones.

## Idea básica 3

**3. LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS.** Algunos CQ se manifiestan mediante cambios en propiedades perceptibles del sistema material (color, estado de agregación, olor) así como a través de formas manifiestas de energía, como ser luz, calor, electricidad. Estos cambios se pueden explicar a partir de que los productos poseen composición química elemental distinta a los reactivos y, por lo tanto, propiedades y energía potencial interna diferentes a las de los reactivos.

### **Análisis de la estructura conceptual**

Una idea relacionada a la idea básica 3, aparece representada con la intención de diferenciar cambios físicos de cambios químicos. Los únicos conceptos explicitados son color y dureza, energía, calor y luz. La estructura conceptual está construida en base a tres ejemplos, dos de los cuales corresponden a la misma transformación: oxidación de hierro (se mencionan dos casos: oxidación de clavo de hierro y oxidación de partes de hierro de bicicleta, que presentan las mismas manifestaciones: cambio de dureza y de color). Sin embargo, no se explica que el cambio de color se debe a que se forma una nueva sustancia (óxido de hierro) con diferente color, a partir del hierro, ni se describe cuál es el cambio específico de color, ni cómo cambia la dureza. El ejemplo de la combustión de la madera menciona solamente las manifestaciones energéticas: luz y calor.

El significado que puede construirse a partir de estos ejemplos es que *hay materiales que se transforman cambiando su aspecto o liberando energía, y éstos corresponden a Cambios Químicos*, promoviendo una idea errónea, ya que en Cambios Físicos como los cambios de estado de agregación, cambian propiedades y hay intercambio energético.

La idea está representada totalmente en el nivel macroscópico. No está presente la conexión entre la descripción fenomenológica y su explicación teórica. Difícilmente el lector conecte estos cambios perceptibles con la formación de nuevas sustancias, y menos aún con el hecho de que esas nuevas sustancias poseen estructura, composición y energía potencial interna diferente.

### **Idea básica 4**

<p><b>4. EL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR EXPLICA LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.</b> Los CQ pueden representarse y explicarse mediante el modelo atómico-molecular: ocurre la ruptura de enlaces químicos entre los átomos o iones de las partículas de las sustancias iniciales y formación de nuevos enlaces químicos entre átomos o iones, para generar nuevas partículas de nuevas sustancias.</p>
---

### **Análisis de la estructura conceptual**

La estructura conceptual posee cuatro conceptos: Cambio Químico, átomos/iones, sustancias y enlaces. No aparece el término “partículas”, ni aún

“moléculas”, sino que simplemente menciona la reestructuración de enlaces entre átomos y/o iones. De esta manera, queda a cargo del lector la conexión entre la reestructuración de enlaces y la formación de nuevas partículas representativas, lo que lleva a la aparición de otras sustancias.

*“...una reacción química se produce cuando se rompen algunos enlaces (entre átomos o iones) y se forman otros, dando lugar a la aparición de nuevas sustancias”.*

Se introduce esta idea haciendo referencia a un apartado anterior del capítulo: “La teoría atómico-molecular”.

*“Como vimos al comienzo de la unidad, ya desde la época de Dalton un cambio o reacción química fue interpretado como un reacomodamiento de átomos. Cuando unas sustancias dan origen a otras, se rompen y se forman enlaces entre átomos y/o iones...”*

Si bien no se hace referencia al “Modelo atómico-molecular”, se evoca el comienzo de la unidad, en el cual sí se hace referencia a dicho modelo. El término “*fue interpretado*” no aclara fehacientemente el carácter de representación modélica que tiene el “reacomodamiento de átomos”, pudiéndose generar la idea errónea de que las entidades químicas tienen existencia concreta en un mundo real microscópico.

No se presentan ejemplos ni en el texto central ni en inscripciones, por lo que, al no mencionar ningún hecho factual, esta idea queda expresada exclusivamente de manera teórica.

## Análisis semiótico de inscripciones

La única inscripción relacionada a esta idea es un *organizador conceptual*, de función es *definir* reacción química a nivel submicroscópico.



## Idea básica 5

**5. LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.** Los CQ siempre conducen a una transferencia neta de energía entre el sistema que cursa la reacción y su entorno, la cual se manifiesta en forma de calor, luz o de electricidad. Esto se explica mediante el cambio de energía potencial interna de las partículas como resultado de la ruptura y formación de enlaces químicos.

### Análisis de la estructura conceptual

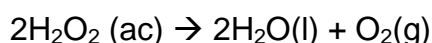
En la estructura conceptual se establecen las relaciones que conectan la ruptura y formación de enlaces que se da en las sustancias del sistema que cursa la reacción química con la transferencia de energía entre el sistema y el entorno. Los conceptos explicitados son: enlaces, energía, entorno, sistema, calor, reacción endotérmica y reacción exotérmica. Se explican las reacciones exotérmicas y endotérmicas justificándolas con el balance energético entre absorción de energía por ruptura de enlaces y liberación por formación de enlaces. De esta manera, los conceptos fenomenológicos “energía (absorbida o liberada)”, “reacción exotérmica” “reacción endotérmica” se explican teóricamente con el concepto de “enlace”. En esta estructura aparecen, por tanto, representaciones químicas tanto en el nivel macroscópico como submicroscópico.

Con los ejemplos dados se menciona solamente la manifestación de intercambio energético en forma de calor. Todos ellos se refieren a “hechos idealizados” correspondientes a aplicaciones en el mundo cotidiano: desinfección de heridas con peróxido de hidrógeno, reacciones y disoluciones utilizadas en envases autocalentables y autoenfriables. En todos ellos solo se menciona, aunque no describe con detalle, la transferencia de calor que corresponde al nivel macroscópico de representación. Se utiliza el nivel simbólico al representar la ecuación química de la descomposición del peróxido de hidrógeno y al escribir las fórmulas químicas de las sustancias intervinientes en los procesos de los envases autocalentables y autoenfriables. Sin embargo no se menciona en ningún caso qué enlaces se rompen ni cuáles se forman, ni se indica que las sustancias nuevas formadas tienen mayor o menor energía potencial interna, según el caso.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

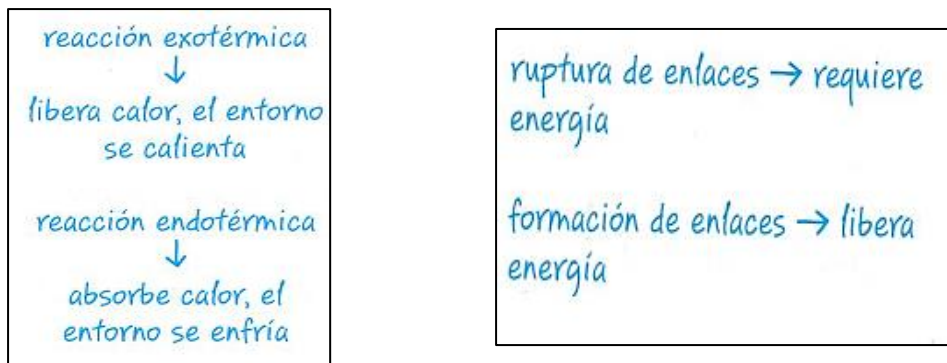
El libro incluye cinco inscripciones asociadas al texto que describe y explica los aspectos energéticos de los Cambios Químicos: una ecuación química, dos organizadores conceptuales, un diagrama procesual y un dibujo figurativo.

La ecuación química corresponde a la descomposición del peróxido de hidrógeno:

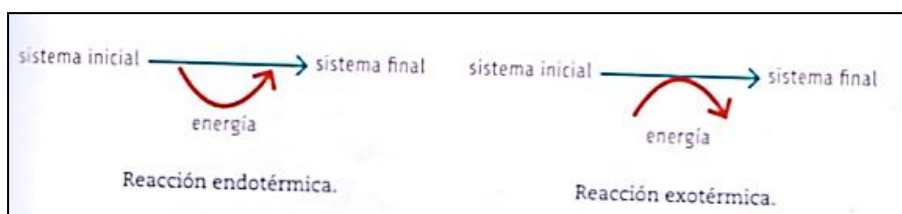


Representa la composición química elemental del reactivo y los productos, la proporción en que intervienen en la reacción y su estado de agregación. Sin embargo no aporta información relevante en relación a la ruptura y formación de enlaces, por lo que no aporta a la comprensión teórica del carácter exotérmico de la reacción y por ello, su potencial explicativo para la idea en cuestión se considera parcial y mínimo. Por lo tanto su función es *ejemplificar* un proceso exotérmico.

Los dos organizadores conceptuales cumplen la función de ilustrar los conceptos reacción exotérmica, endotérmica. El primero resalta los aspectos fenomenológicos de las reacciones exotérmicas y endotérmicas por lo tanto las *describe*, mientras que el segundo *define* la relación entre ruptura y formación de enlaces y el intercambio energético. En este sentido, esta inscripción colabora en reforzar la relación entre el concepto fenomenológico de energía térmica y el concepto teórico de enlace:

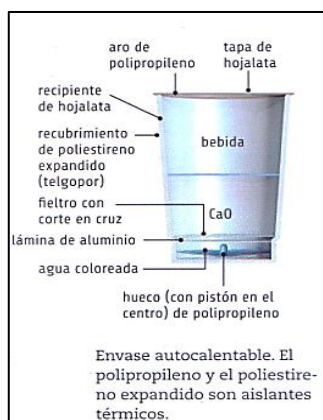


El diagrama procesual pretende *definir* reacción exotérmica y endotérmica, mostrando los dos tipos de intercambio energético entre sistema y entorno:



Está representada la transición del sistema desde un estado inicial a uno final mediante una flecha azul. La transferencia de energía está representada con una flecha roja curva. Sin embargo, se considera que el diagrama expresa la relación entre conceptos con poca claridad, ya que la transferencia de energía se expresa de manera confusa: la flecha no indica de manera explícita desde dónde y hacia donde fluye la energía.

El dibujo figurativo corresponde a la *descripción* de la estructura de un envase autocalentable:



Esta inscripción no realiza un aporte de información relevante para la construcción conceptual de la idea 5, sino que solo describe una de las aplicaciones de las reacciones exotérmicas.

### Idea básica 6

**6. LA CONSERVACIÓN DE LA MASA SE EXPLICA CON LA CONSERVACIÓN DE ÁTOMOS y ELEMENTOS.** Un sistema material cerrado que cursa un CQ conserva su masa, y esto se explica con la conservación de los átomos y los elementos químicos.

### Análisis de la estructura conceptual

Para esta idea se presenta una estructura conceptual con los conceptos masa, átomos, elementos, ajuste de ecuaciones, sistema. Pero las relaciones entre la conservación de la masa y la conservación de los átomos y elementos se establece de una manera implícita (ver EPC idea básica 6), por lo que difícilmente, a partir de la lectura de las oraciones, se pueda establecer una relación significativa entre ambas ideas. Además, la idea de conservación de los átomos y los elementos se establece para satisfacer el ajuste de las ecuaciones químicas (se presenta la idea con el objeto del ajuste de la ecuación correspondiente a la combustión del metano), por lo que puede promover una idea errónea teleológica: “los átomos y elementos se conservan con el fin de ajustar la ecuación”.

*“...Luego se ajusta la ecuación, esto es de ambos lados de la ecuación tienen que estar representados los mismos elementos (los mismos tipos de átomos) y el mismo número de cada uno de ellos. La masa total del sistema se conserva”.* (el subrayado es de la autora).

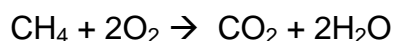
El ejemplo que se presenta es el ajuste de la ecuación correspondiente a la combustión del metano.

El nivel de representación es exclusivamente simbólico, no se hace referencia a los aspectos empíricos de medición ni comparación de masas antes y después de una reacción, así como tampoco se explica la conservación de masa a partir del nivel submicroscópico de conservación de todos los átomos en el sistema. No se establece una relación causal explícita entre la conservación de la masa y la

conservación de los átomos y elementos. Se identifica una gran brecha conceptual que va desde el ajuste de ecuaciones químicas hasta la masa de un sistema (cerrado), que se conserva durante el cambio. Al no presentarse un hecho factual de conservación de masa, no es posible establecer relación teórico factual alguna.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

La inscripción asociada a esta idea es la *ecuación química* siguiente:



En relación a la idea básica 6, esta inscripción pretende cumplir con la función de *explicar* la conservación de la masa partir de la conservación de los símbolos químicos (en tipo y número).

### **Idea básica 7**

**7. LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS.** Las CQ se representan con ecuaciones químicas, las cuales brindan información simbólica universal acerca de la composición química elemental, el estado de agregación de las sustancias intervinientes, así como acerca de la proporcionalidad en la que participan dichas sustancias en la RQ y de la conservación de los átomos y elementos químicos.

### **Análisis de la estructura conceptual**

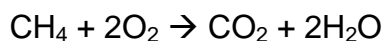
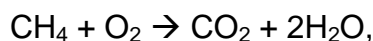
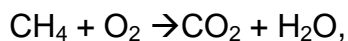
La estructura conceptual contiene trece conceptos, por lo que es una de las ideas más ricas en cantidad de conceptos, de todas las analizadas en este libro. Las relaciones conceptuales explicitan el rol representacional y la universalidad de las ecuaciones químicas como lenguaje químico. También se explicitan los símbolos constitutivos de las ecuaciones y el proceso de escritura y ajuste de las mismas. Así, se enumeran los elementos gráfico-simbólicos que forman parte de las ecuaciones y se establece un orden para su escritura: 2 miembros, fórmulas de reactivos y productos, flecha, signos +, coeficientes. No se mencionan en esta sección los símbolos utilizados para expresar el estado de agregación de las sustancias (aunque sí se hace en una sección posterior donde trata las reacciones de descomposición). Es en el desarrollo de esta idea que se presentan los conceptos de reactivo y producto.

El ejemplo proporcionado hace referencia a la reacción de combustión de metano

en un contexto cotidiano: encender la hornalla de la cocina. Sin embargo no se mencionan aspectos fenomenológicos de la reacción. El proceso de “ajuste de la ecuación” se detalla a partir de este ejemplo, indicando la necesidad de la conservación de los elementos (los mismos tipos de átomos) a ambos lados de la ecuación. El nivel de representación es el simbólico.

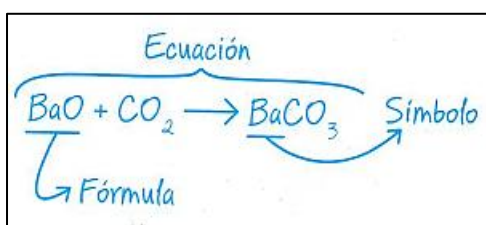
### Análisis semiótico de inscripciones

Se presentan 3 inscripciones del género *simbólica química* correspondientes a 3 etapas de construcción de la *ecuación química*, correspondiente a la combustión de metano. Estas inscripciones aparecen intercaladas en el texto central, que constituye el instructivo para la escritura de ecuaciones químicas:

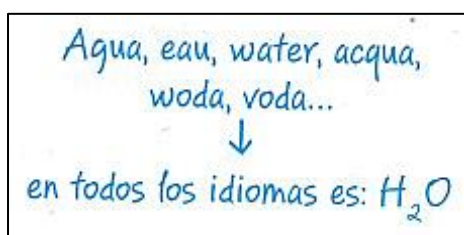


La función de estas inscripciones es *explicar* el proceso de escritura y ajuste de las ecuaciones.

Con la inscripción *mixta (simbólica química+ organizador conceptual)* siguiente, se *ilustran* conceptos con la aportación de un *ejemplo* para introducir la diferencia entre ecuación, fórmula y símbolo.



El *organizador conceptual* siguiente, *ilustra* la idea aportando el *ejemplo* de  $\text{H}_2\text{O}$  para la idea de universalidad del idioma de las fórmulas químicas.



## Idea básica 8

**8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN SE EXPLICA MEDIANTE LA TEORÍA DE COLISIONES.** La velocidad de los CQ depende, por un lado, de la composición y estructura de las sustancias reaccionantes. Para que ocurra el CQ las partículas de las sustancias reaccionantes deben colisionar con suficiente energía para superar la Energía de Activación (barrera energética a superar para que se inicie el proceso) y con la orientación adecuada para que los grupos reaccionantes interaccionen. Por otro lado, cualquier factor que afecte la frecuencia de colisiones, afectará en el mismo sentido a la velocidad del CQ (concentración de reactivos, temperatura, presión). La velocidad de los CQ puede aumentarse también con catalizadores, los cuales disminuyen la Energía de Activación o cambian el mecanismo de la misma, resultando en un proceso distinto con menor Energía de Activación.

### Análisis de la estructura conceptual

Se identificaron algunos pocos conceptos relacionados que vislumbran algunas ideas acerca de cuestiones cinéticas, así como termodinámicas de una reacción química en particular: la descomposición del peróxido de hidrógeno. Sin embargo, ambos aspectos se expresan con poca claridad, con poca precisión, sin distinguirse entre sí, pudiendo generar confusión. Por un lado el libro afirma que:

*“El peróxido de hidrógeno se transforma de manera espontánea en agua (líquida) y oxígeno (gaseoso).”*

Y al terminar el apartado vuelve a decir:

*“Como la reacción de descomposición del  $H_2O_2$  es espontánea, los envases de agua oxigenada deben estar muy bien tapados. Además, deben ser opacos, porque la luz acelera esta descomposición.”*

La primera proposición informa acerca del aspecto termodinámico de la reacción. La segunda, también usa el término “espontánea”, pero, no se aclara por qué deberían estar bien tapados los envases. Además se agrega información cinética: “la luz acelera esta descomposición”.

Ahora bien, como no se define el término “espontánea”, podría confundirse con “rápida”, confundiendo la termodinámica con la cinética.

Más adelante el libro afirma:

“Cuando aplicamos agua oxigenada sobre una herida, entra en contacto con la sangre, que contiene una sustancia, la catalasa, que actúa como **catalizador**, favoreciendo la rápida descomposición del peróxido de hidrógeno y la liberación de oxígeno”.

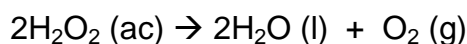
Con la introducción de la necesidad del catalizador para una descomposición rápida, se está aportando información sobre los aspectos cinéticos. Sin embargo, éstos no se explicitan: no se dice que la reacción química no es favorable cinéticamente, es decir, es lenta.

Las ideas se expresan en el nivel macroscópico de representación, sin introducir el nivel submicroscópico: la teoría de colisiones está ausente.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

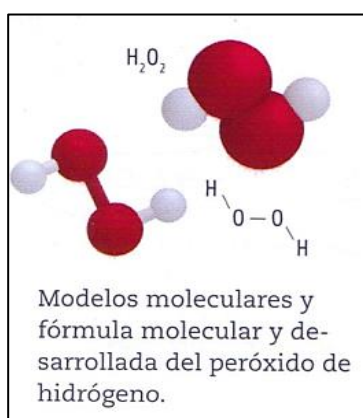
Vinculadas a la estructura conceptual elaborada para esta idea se identificaron tres inscripciones: una ecuación química, una inscripción mixta (diagrama molecular-fórmula química) y una fotografía.

La ecuación química es:



Cumple la función de aportar el *ejemplo* de reacción química.

La inscripción mixta (diagramas moleculares + fórmulas químicas) cumple la función de *describir* la estructura y composición del peróxido de hidrógeno.



La fotografía de una botella de agua oxigenada, cumple la función de *describir* una sola característica de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno: su concentración.



Las inscripciones asociadas a esta estructura conceptual no aportan significativamente a la construcción de las ideas desarrolladas en la estructura conceptual vinculadas a la idea básica 9. Solamente ejemplifican una reacción a nivel simbólico y describen un aspecto a nivel macroscópico, composición y estructura submicroscópica de la sustancia reactivo.

### Idea básica 9

**9. LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.** Los CQ se pueden clasificar según criterios de patrones de comportamientos químicos, lo cual sirve para explicar, predecir y controlar a los CQ.

#### **Análisis de la estructura conceptual**

La estructura conceptual asociada a esta idea es la más amplia en cuanto a cantidad de conceptos. Sin embargo, no se menciona la utilidad o el fin de clasificar a las reacciones químicas, ni los criterios fundamentales a partir de los cuales surgen esas clasificaciones. Simplemente se expresa que:

*“Existen diversos tipos de reacciones químicas”.*

Se introducen las definiciones de cinco “tipos de reacciones químicas”: “Reacciones de síntesis”, “Reacciones de descomposición”, “Reacciones de óxido-reducción”, “Reacciones de reconocimiento de sustancias” y “Reacciones para

*calentar y enfriar*”.

La “*Reacción de síntesis*” es definida como “*una reacción entre dos o más sustancias simples para dar una sustancia compuesta*”. El ejemplo dado: reacción entre magnesio y oxígeno, se presenta en el nivel simbólico de ecuación química, en el que se introducen por primera vez los símbolos para representar los estados de las sustancias, pero sin aclarar qué significa cada símbolo. También aparecen aspectos fenomenológicos de la reacción, al mencionar la luz producida (aunque sin relacionar con aspectos energéticos) y la aparición de un “*sólido blanco*”, sin especificar de qué sustancia se trata. Además se contextualiza en la vida cotidiana al señalar su uso para los antiguos flashes fotográficos.

Para las *Reacciones de descomposición*, se inicia mencionando la desinfección de heridas con agua oxigenada, proporcionando el ejemplo de reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno que libera oxígeno eliminando los microorganismos patógenos anaerobios. Se mencionan los aspectos tratados en la idea básica 8 acerca de la espontaneidad y catálisis al ponerse en contacto con la sangre. Este ejemplo está representado básicamente en el nivel simbólico: se introducen la ecuación química, 2 modelos moleculares la fórmula estructural y la molecular del peróxido de hidrógeno, pero apenas se mencionan los aspectos fenomenológicos al decir que se forma “oxígeno gaseoso y agua”. No se describen los aspectos observables de la reacción, ni se brindan evidencias de que el gas que se forma es oxígeno. A partir del ejemplo se define a estas reacciones de la siguiente manera: “*En esta reacción una única sustancia dio origen a más de una, en este caso, dos. Decimos que se trata de una reacción de descomposición.*”

Las *Reacciones de óxido reducción* se ejemplifican retomando el caso de la reacción entre magnesio y oxígeno. Se las define como un “*...tipo de reacción en la cual se produce transferencia de electrones...*”. Se definen los conceptos de oxidación, reducción, catión y anión en función de la transferencia de electrones. Este tipo de reacciones está totalmente representado en el nivel submicroscópico y simbólico haciendo referencia a partículas submicroscópicas y representadas con fórmulas. Se indica que el óxido de magnesio está formado por cationes y aniones pero sin mencionar ninguna de las propiedades macroscópicas de las sustancias

iónicas.

Las *Reacciones de reconocimiento de sustancias* se definen así:

*“Cuando los químicos quieren reconocer la presencia de una determinada sustancia utilizan reactivos, esto es, sustancias que al ponerse en contacto con la que quieren detectar, originan cambios característicos, rápidos y fáciles de visualizar.”*

Aquí el criterio utilizado para esta clasificación es el objetivo que se quiere lograr al llevar a cabo la reacción: reconocer o identificar una sustancia. Los conceptos que se ponen en juego en esta estructura conceptual son: sustancia, reactivo (en el sentido de sustancia que “hace reaccionar a otra”) y cambio en propiedades (“cambios característicos”).

El ejemplo aportado es el reconocimiento de vitamina C mediante el reactivo tintura de yodo o alcohol iodado, mencionando su color marrón rojizo y su decoloración al reaccionar con la vitamina C. Este tipo de reacciones está totalmente representado en el nivel macroscópico.

El último tipo de reacciones químicas que presenta el libro se denomina *Reacciones para calentar y enfriar*. Se definen (en un organizador conceptual) dos tipos de reacciones dentro de esta categoría: reacciones endotérmicas y reacciones exotérmicas, usando el criterio de transferencia de energía/calor. Las reacciones endotérmicas enfrían el entorno y las reacciones exotérmicas, calientan el entorno. Sin embargo, en el texto central se habla de procesos exotérmicos y endotérmicos que pueden corresponder a cambios químicos o a cambios físicos. La imprecisión se da en que por un lado se habla categóricamente de reacciones (químicas) y por otro lado de procesos que pueden ser reacciones (químicas) o cambios físicos.

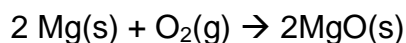
Se introduce la aplicación práctica de estas reacciones/procesos para el caso de los envases autocalentables y autoenfriables, así como en compresas instantáneas frías o calientes. Se presentan tres ejemplos utilizados en esos casos: disolución de cloruro de calcio en agua (exotérmica), reacción entre óxido de calcio y agua (exotérmica), agua y nitrato de amonio como reactivos (endotérmico).

## Análisis semiótico de inscripciones

Se presenta un total de 11 inscripciones, de las cuales 3 son fotografías, 1 es un dibujo figurativo, 3 corresponden a la categoría simbólica química, 3 son organizadores conceptuales y 1 corresponde a una inscripción mixta que combina diagrama molecular con fórmulas químicas.

Las inscripciones asociadas a las *reacciones de síntesis* son tres: una ecuación química y dos fotografías.

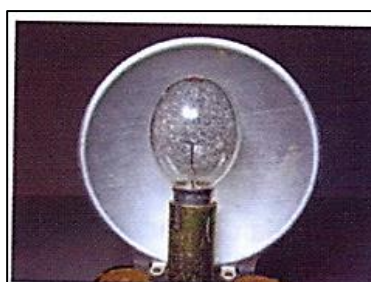
La ecuación química aporta información relevante y relacionada a la definición de reacción de síntesis, explicando con un ejemplo y en el nivel simbólico, dos sustancias simples que se combinan para dar un compuesto, atributo crítico en la definición de este tipo de reacciones:



La siguiente fotografía muestra visualmente y verbalmente algunos aspectos fenomenológicos del ejemplo de reacción de síntesis: se genera una luz blanca muy intensa y queda un sólido blanco (el cual no se aprecia en la imagen). Esta inscripción describe el aspecto fenomenológico de la síntesis de óxido de magnesio:



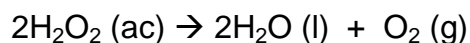
Otra inscripción asociada al ejemplo de reacción de síntesis es la imagen siguiente que ejemplifica una aplicación de la reacción química en cuestión.



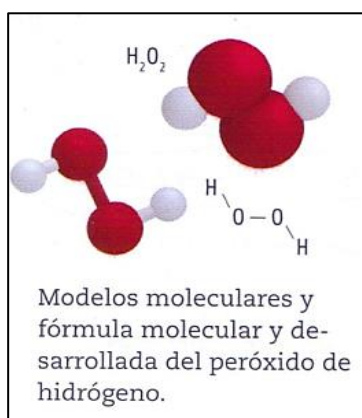
Los primeros flashes contenían magnesio en polvo. Luego fue sustituido por un alambre de magnesio en un ambiente de oxígeno.

Las inscripciones asociadas a las *reacciones de descomposición* son tres: una ecuación química, una inscripción mixta (diagrama molecular-fórmula química) y una fotografía.

La ecuación química, como en el caso anterior, contribuye a la construcción conceptual de reacción de descomposición, explicando con un ejemplo a nivel simbólico la formación de dos sustancias a partir de una:



La inscripción mixta combina dos modelos moleculares con las fórmulas molecular y desarrollada del peróxido de hidrógeno. En este caso se considera que esta inscripción cumple con la función de describir la composición y estructura de dicha sustancia.

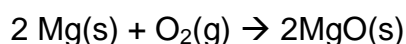


Por último, la fotografía de una botella de agua oxigenada, cumple la función de describir una sola característica de la solución acuosa de peróxido de hidrógeno: su concentración.



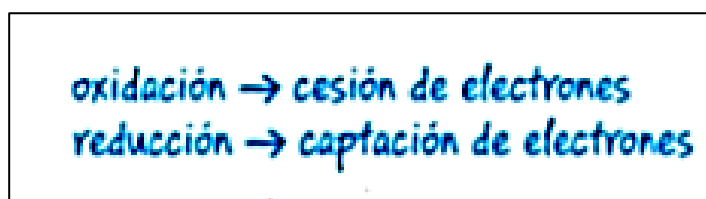
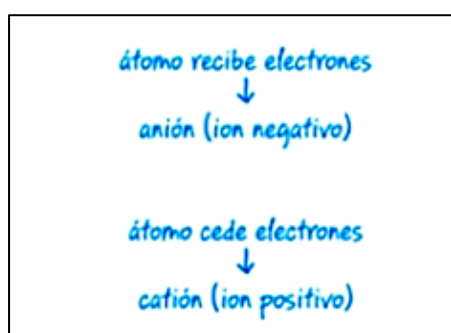
Las inscripciones asociadas a las *reacciones de óxido-reducción* son tres: una ecuación química y dos organizadores conceptuales.

En este caso, la ecuación química explica la transformación en términos de los reactivos y productos que participan de la misma.



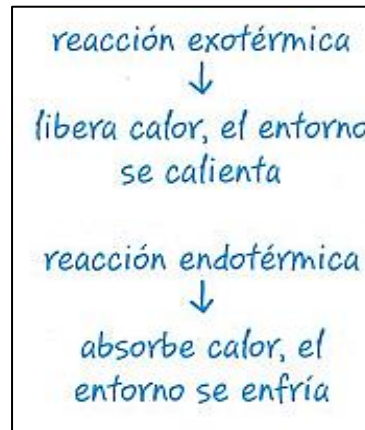
Sin embargo, a pesar de ser la misma ecuación que la usada como ejemplo en las reacciones de síntesis, no aporta de la misma manera a la construcción conceptual en este caso. Su potencial explicativo se considera menor aquí, ya que ésta no muestra la transferencia de electrones, concepto tomado como atributo crítico para definir reacciones de óxido-reducción.

Los dos organizadores conceptuales cumplen la función de definir conceptos:



Las inscripciones asociadas a las “*Reacciones para calentar y enfriar*” son dos: un organizador conceptual y un dibujo figurativo.

El organizador conceptual cumple la función de definir las reacciones exotérmicas y endotérmicas en términos de transferencia de calor e impacto sobre el entorno.



El dibujo figurativo cumple la función de describir de la estructura de un envase autocalentable:



## 5.1.2 Análisis del LDT-2

### Idea básica 1

**1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.** Los CQ son cambios en un sistema material que involucran la formación de nueva/s sustancia/s (productos) a partir de la transformación de una o más sustancias iniciales (reactivos).

#### Análisis de la estructura conceptual

Los Cambios químicos se definen por contraposición a los cambios físicos. Respecto a estos últimos se afirma que:

*“Cuando se produce un cambio físico en la materia no varía la naturaleza de las sustancias; tampoco se originan sustancias nuevas, sino que solo cambia la forma o el estado de agregación de ellas. Ejemplos de estas transformaciones son los cambios de estado (sólido <-> líquido <-> gaseoso); los que ocurren con la intervención de energía térmica...”*

El término “naturaleza de las sustancias” no posee un significado químico, por lo que se considera una expresión sin precisión conceptual.

Se Introduce el ejemplo de la diferencia entre agua líquida y agua gaseosa, indicando que se trata de la misma sustancia a nivel submicroscópico, mostrando que su molécula no cambia, es decir que no cambia su composición. Indica tanto de manera verbal como gráfica (representación submicroscópica de dos grupos de varias moléculas) que lo que cambia es la separación entre las moléculas, y que en el gas las fuerzas de atracción entre las moléculas fueron vencidas.

Respecto a la definición macroscópica de Cambio Químico el libro inicialmente los presenta como transformaciones que se caracterizan por modificar la “naturaleza de las sustancias”, presentando nuevamente la misma imprecisión conceptual. Sin embargo luego aclara:

*“Cuando se produce un **cambio químico**, una o más sustancias se transforman en otra u otras sustancias que poseen propiedades diferentes a las de las sustancias iniciales, es decir, se modifica la composición de la materia.”*

Aparecen los conceptos de “sustancia”, “propiedades” y “composición” relacionados en la misma frase. El uso del conector “es decir”, no deja en claro que es el cambio en la composición el que trae como consecuencia el cambio en las propiedades y no a la inversa. Esta conexión entre conceptos puede provocar confusión, ya que puede interpretarse erróneamente que todo cambio en propiedades es resultado de un cambio en la composición. Se tiene en cuenta que los Cambios Químicos pueden ocurrir a partir de *una o más* sustancias. Menciona la transformación de sustancias en otras sustancias, aunque no menciona el concepto de sistema material.

Explicita la sinonimia entre cambios químicos y reacciones químicas, introduciendo su definición submicroscópica:

*“A los cambios químicos se los denomina **reacciones químicas**, que consisten en la combinación de átomos para formar nuevas sustancias o en la descomposición de compuestos en sus átomos u otras sustancias”*

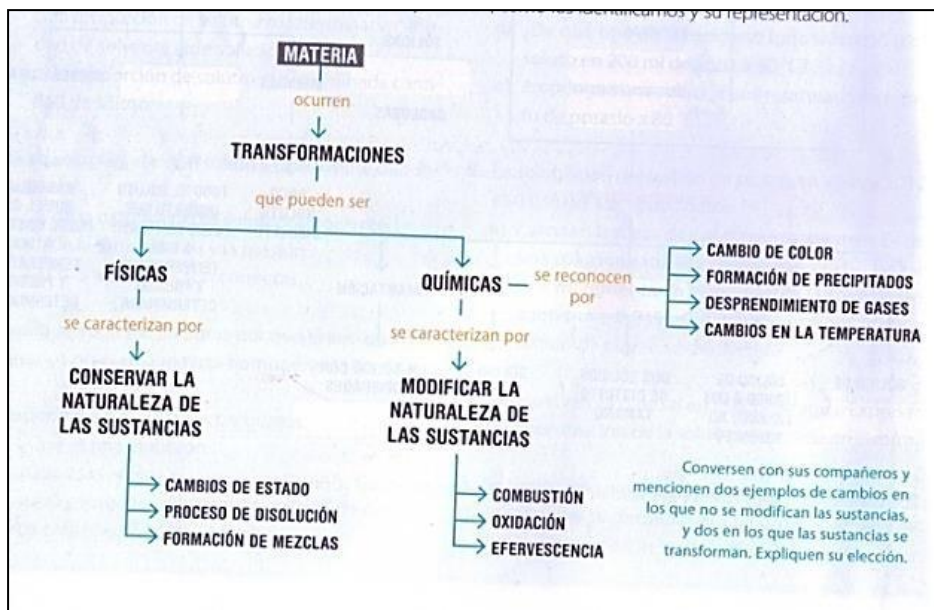
El ejemplo utilizado para mostrar la formación de nuevas sustancias, la electrólisis de agua, hace énfasis en el aspecto atómico-molecular, en la ruptura y formación de enlaces químicos para formar nuevas moléculas. Menciona que las sustancias producidas son muy diferentes al agua, aunque no indica, haciendo uso de la definición macroscópica de Cambio Químico, cuáles son las propiedades que han cambiado y que indiquen la aparición de nuevas sustancias.

No se establece una relación teórico factual explícita ya que el hecho factual (electrólisis de agua) no está descrito fenomenológicamente.

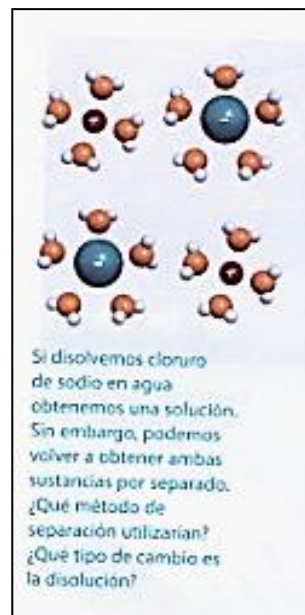
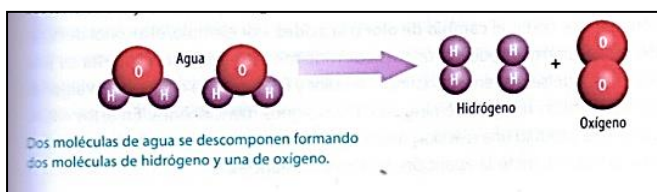
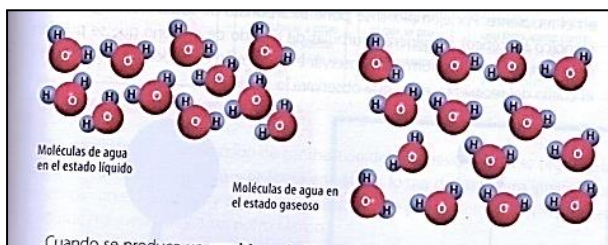
### **Análisis semiótico de imágenes**

Se identificaron 4 inscripciones asociadas a la idea: 1 *organizador conceptual* y 3 *diagramas moleculares*.

El organizador conceptual cumple la función de definir y dar ejemplos tanto de transformaciones químicas como de transformaciones físicas. Asimismo describe cómo se reconocen las transformaciones químicas. Por lo tanto es una inscripción ilustrativa.



Los tres diagramas moleculares cumplen la función de diferenciar y explicar los cambios físicos y químicos en términos de entidades teóricas: átomos y moléculas, por lo que clasifican como inscripciones interpretativas.



## Idea básica 2

**2. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.** Los productos y los reactivos, se identifican y diferencian empíricamente, mediante sus propiedades específicas, observables y/o medibles a través de instrumentos.

### Análisis de la estructura conceptual

En relación a esta idea se explicita que las sustancias iniciales y la nuevas poseen propiedades diferentes:

*“Cuando se produce un cambio químico, una o más sustancias se transforman en otra u otras sustancias que poseen propiedades diferentes a las de las sustancias iniciales, es decir, se modifica la composición de la materia.”*

Sin embargo, no se considera necesario el reconocimiento de los productos y su diferenciación de los reactivos mediante sus propiedades específicas, para evidenciar la formación de nuevas sustancias. No se aportan ejemplos de reconocimiento de productos. Solamente se lo considera necesario en los casos siguientes:

*“...en algunas reacciones químicas no aparece ninguno de los signos mencionados. En estos casos, para saber si se produjo una reacción química, es necesario recurrir a un análisis químico de la mezcla que detecte la aparición de nuevas sustancias.”*

Los “signos mencionados” se refieren a las manifestaciones de los Cambios Químicos que se analizan en la idea básica 3 (formación de gases, cambios de color, formación de precipitados, emisión o absorción de calor).

El concepto de “análisis químico” no está desarrollado ni ejemplificado, ni ilustrado con inscripciones. Esta idea está representada totalmente en el nivel macroscópico.

### Idea básica 3

**3. LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS.** Algunos CQ se manifiestan mediante cambios en propiedades perceptibles del sistema material (color, estado de agregación, olor) así como a través de formas manifiestas de energía, como ser luz, calor, electricidad. Estos cambios se pueden explicar a partir de que los productos poseen composición química elemental distinta a los reactivos y, por lo tanto, propiedades y energía potencial interna diferentes a las de los reactivos.

#### Análisis de la estructura conceptual

El siguiente párrafo introduce ideas relacionadas a la idea básica 3:

*“Ya sabemos que las **reacciones químicas** existen, pero ¿cómo evidenciarlas? Cuando se mezclan dos **sustancias**, en muchos casos no ocurre una **reacción química**. Estas mantienen su **composición** y **propiedades** originales. Se necesita entonces una evidencia experimental para poder afirmar que ha ocurrido una **reacción química**; por ejemplo, un cambio de color, la formación de un precipitado, el desprendimiento de un gas en forma de burbujeo en una disolución, cambios de temperatura.*

Con la primera oración: “Ya sabemos que las **reacciones químicas** existen, pero ¿cómo evidenciarlas?”, se invierte el proceso de construcción del concepto: las evidencias empíricas, el fenómeno, aparecen luego de definir el concepto, cuando en realidad, histórica y epistemológicamente es al revés. Por otro lado, esa afirmación seguida de la pregunta se contradice con una oración posterior dentro del mismo párrafo: “Se necesita entonces una evidencia experimental para poder afirmar que ha ocurrido una **reacción química**”.

El término “evidencia experimental” es usado en el sentido de “cambios en propiedades perceptibles”. Se menciona una lista de las mismas, las cuales son tomadas como evidencias de reacciones químicas. Se explicita claramente la

necesidad de evidencia empírica para afirmar que ha ocurrido un Cambio Químico.

Sin embargo, no queda establecido explícitamente que los cambios observables, las “evidencias experimentales”, son el resultado de que se han formado sustancias con propiedades perceptibles y energía potencial diferentes a las de las sustancias iniciales.

Con la frase *“Cuando se mezclan dos **sustancias**, en muchos casos no ocurre una **reacción química**. Estas mantienen su **composición** y **propiedades originales**.”*, se está promoviendo la idea errónea de que las reacciones químicas, si ocurren, ocurren únicamente cuando “dos” sustancias se mezclan.

Los *ejemplos* presentados abarcan las siguientes manifestaciones: cambio de color, formación de precipitado, desprendimiento de gas, cambio de olor y acidez. En estos ejemplos los cambios sí son explicados a partir del producto formado, respectivamente: sustancia rojiza: óxido de hierro, burbujear dióxido de carbono en agua de cal produce un sólido blanco llamado carbonato de calcio, bicarbonato de sodio en vinagre produce gas dióxido de carbono y alcohol de vino se transforma en vinagre. Pero, presenta un ejemplo, desprendimiento de calor al colocar sodio en agua, que no es explicado a partir de las sustancias nuevas producidas.

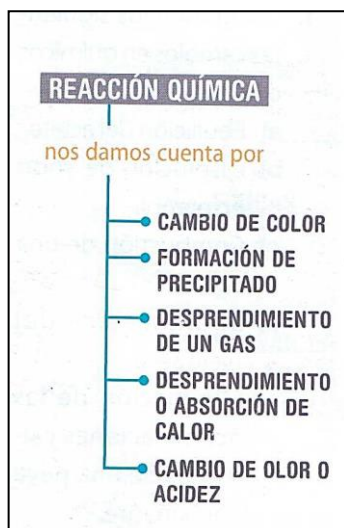
Se menciona que no todos los Cambios Químicos ocurren con las manifestaciones de cambio anteriores:

*“No obstante, en algunas reacciones químicas no aparece ninguno de los signos mencionados”*

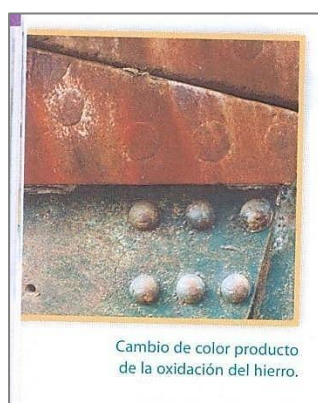
### **Análisis semiótico de inscripciones**

Se identificaron 4 inscripciones asociadas a la idea: 1 *organizador conceptual* y 3 *fotografías*.

El organizador conceptual enumera las “evidencias experimentales” de Cambio Químico. Su función es ilustrativa: describe cómo “darse cuenta” de que ha ocurrido una reacción química, citando evidencias sin establecer relaciones causales.



Las fotografías también poseen una función ilustrativa ya que ejemplifican a nivel macroscópico dos de las “evidencias experimentales: “cambio de color” y “desprendimiento de un gas”



#### Idea básica 4

**4. EL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR EXPLICA LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.** Los CQ pueden representarse y explicarse mediante el modelo atómico-molecular: ocurre la ruptura de enlaces químicos entre los átomos o iones de las partículas de las sustancias iniciales y formación de nuevos enlaces químicos entre átomos o iones, para generar nuevas partículas de nuevas sustancias.

Con el siguiente párrafo se introduce el “*modelo de partículas*” como representación necesaria para construir una interpretación de los Cambios Químicos:

*“Si se quisiera observar qué sucede con los **átomos** de las **sustancias** durante una **cambio químico**, se necesitaría un microscopio que ampliase cien millones de veces su tamaño. Como en la actualidad no existe un microscopio con tanto poder de aumento, es necesario recurrir al **modelo de partículas** para interpretar qué sucede durante estas transformaciones.”*

Se aporta una explicación a nivel particulado de las reacciones químicas haciendo uso de los conceptos: “partículas”, “reactivos”, “choques entre partículas”, “sustancias”, “estados líquido”, “estado gaseoso”, “disuelto en agua”, “enlaces”, “átomos”, “nuevas sustancias”.

*“Las partículas que forman los reactivos tienen que tener la posibilidad de chocar entre sí, por eso, a veces es necesario que las sustancias que reaccionan se hallen en estado líquido o gaseoso, o bien, disueltas en agua.”*

*“Los choques que se produzcan entre las partículas tienen que provocar la ruptura de los enlaces entre átomos, es decir, los átomos que las forman se tienen que separar para poder reagruparse y unirse de manera diferente.*

*“Entonces, cuando se produce una reacción química, los átomos de los reactivos se separan y se reagrupan de manera diferente, formándose así nuevas sustancias.”*

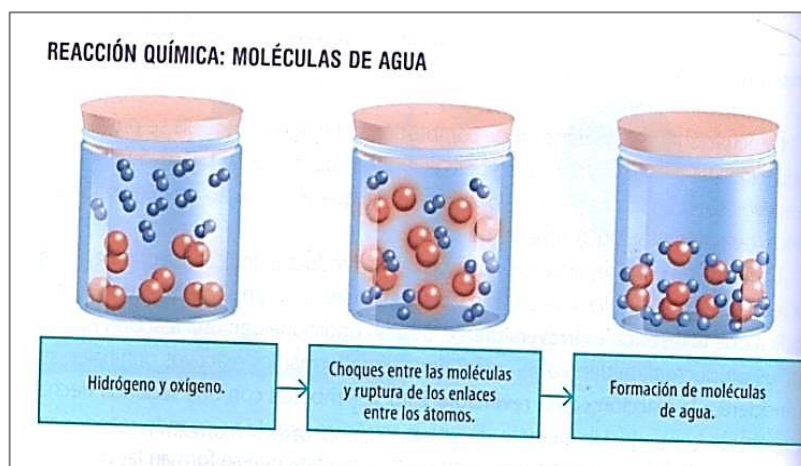
En esta explicación se explicita el carácter dinámico, interactivo y multiparticulado del proceso de Cambio Químico. Un diagrama molecular introduce un ejemplo: síntesis de agua a partir de hidrógeno y oxígeno. Éste muestra el Cambio Químico en tres etapas a nivel submicroscópico (antes de la interacción entre partículas, durante los choques entre partículas, y luego de formados los productos), en el que se representan varias partículas de reactivos y productos, en cantidades estequiométricas. El único aspecto macroscópico del ejemplo dado de Cambio Químico, es la mención del estado de agregación de los reactivos: son gases, para luego continuar una descripción verbal del proceso a nivel submicroscópico.

“El hidrógeno ( $H_2$ ) y el oxígeno ( $O_2$ ) son gases a temperatura ambiente. Están formados por moléculas que contienen dos átomos del mismo elemento unidos entre sí. Dadas las condiciones necesarias, si los gases se mezclan, los átomos que forman las moléculas de cada uno se separan y, cuando se acercan lo suficiente, se vuelven a unir pero de manera diferente: dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno. Cada una de estas nuevas uniones forma una molécula de agua ( $H_2O$ ).” (el subrayado es de la autora)

La relación teórico factual que se establece es entre el fenómeno (síntesis de agua a partir de hidrógeno y oxígeno) y la teoría (choque de partículas, ruptura y formación de enlaces, formación de una sustancia nueva). Sin embargo, al no estar descrito el fenómeno, se considera que esta relación no es del todo explícita.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

La inscripción vinculada al desarrollo de esta idea es del género inscripción mixta, que superpone el nivel macroscópico, con el dibujo del envase, y submicroscópico, representando las partículas de las sustancias.



Su función es interpretativa, ya que pretende aportar una explicación a nivel submicroscópico de los Cambios Químicos.

## Idea básica 5

**5. LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.** Los CQ siempre conducen a una transferencia neta de energía entre el sistema que cursa la reacción y su entorno, la cual se manifiesta en forma de calor, luz o de electricidad. Esto se explica mediante el cambio de energía potencial interna de las partículas como resultado de la ruptura y formación de enlaces químicos.

### **Análisis de la estructura conceptual**

Se introducen los términos “reacción exergónica”, “reacción endergónica”, reacción exotérmica” y “reacción endotérmica”, con imprecisiones conceptuales: se confunde la transferencia de energía entre sistema y entorno como consecuencia del delta de energía interna de las sustancias, que determinará si la reacción es exo o endotérmica, con el criterio de espontaneidad de las reacciones que involucra tanto aspectos energéticos como entrópicos, lo que determinará si la reacción es endergónica o exergónica.

La estructura conceptual explicita que las sustancias constituyen una reserva de energía potencial y expresa la idea de transferencia de energía entre sistema y medio como resultado de la ruptura y formación de enlaces entre átomos en los CQ. Se nombran distintos tipos de energía: luz, calor y energía eléctrica.

Los ejemplos aportados son: fotosíntesis (se aclara que consta de “muchas reacciones químicas sucesivas”), descomposición de agua en oxígeno e hidrógeno y formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno.

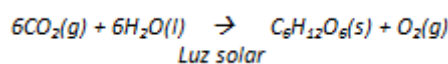
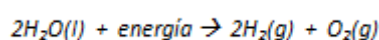
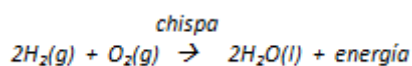
Los niveles de representación utilizados para esta idea son los tres: macroscópico al hablar de las formas en que la energía se transfiere, submicroscópico al mencionar la ruptura y formación de enlaces, y simbólica al presentar las ecuaciones químicas de los ejemplos aportados.

Se puede identificar la relación entre fenómenos y teoría ya que se introducen fenómenos para ejemplificar la teoría. Con entidades teóricas (átomos y enlaces) se explican los hechos idealizados correspondientes a las reacciones que liberan y que absorben energía.

## Análisis semiótico de inscripciones

Se identificaron 5 inscripciones asociadas a la idea: 3 ecuaciones químicas, una fotografía y una inscripción mixta.

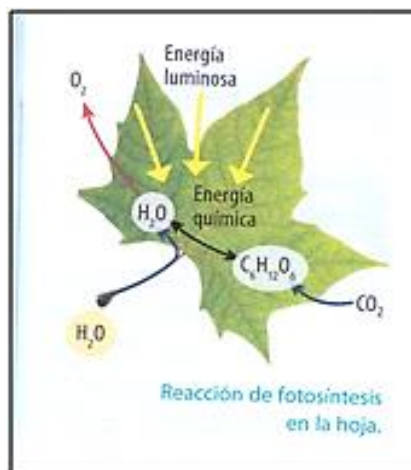
Las ecuaciones químicas cumplen la función de ilustrar la idea representando los ejemplos de las reacciones en el nivel simbólico. Se pueden considerar descriptores del fenómeno en el lenguaje simbólico, indicando si la energía se absorbe o se libera.



La fotografía tiene una función ilustrativa de una reacción que absorbe energía: la electrólisis de agua. Puede considerarse descriptiva, ya que la leyenda promueve la observación de la fotografía e inferencia sobre la identidad de los gases en los tubos.



La inscripción mixta superpone un dibujo figurativo de una hoja vegetal con un diagrama procesual de los flujos energéticos y de materia, utilizando elementos simbólicos químicos. Su función es interpretar el ejemplo de la fotosíntesis, el autor pretende explicar el flujo energético y la transformación química.



Ninguna de las inscripciones aporta a la construcción de la relación teórico-factual entre la transferencia de energía en los CQ y su explicación a partir de ruptura y formación de enlaces químicos entre átomos.

#### Idea básica 6

**6. LA CONSERVACIÓN DE LA MASA SE EXPLICA CON LA CONSERVACIÓN DE ÁTOMOS y ELEMENTOS.** Un sistema material cerrado que cursa un CQ conserva su masa, y esto se explica con la conservación de los átomos y los elementos químicos.

#### Análisis de la estructura conceptual

Se expresa la idea de conservación de la masa tanto en los cambios químicos como físicos. Esta conservación se explica a partir de la conservación de los átomos (“no se crean ni se destruyen”), los cuales se consideran “unidades inalterables” de los Cambios Químicos. No se menciona el concepto de “elemento químico” ni el término “sistema”.

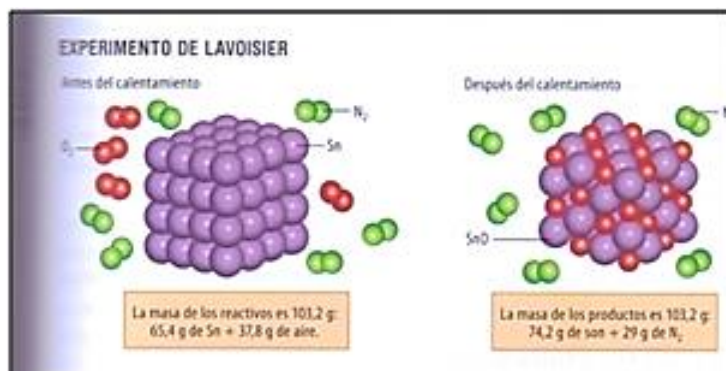
Con el ejemplo de un experimento llevado a cabo por Lavoisier se introducen aspectos macroscópicos de la idea: Calentamiento de estaño en aire en un tubo cerrado. La interpretación de los resultados de dicho experimento se presenta en el nivel submicroscópico de representación. Se identifica una imprecisión en dicha explicación, ya que en la inscripción no se conserva el número de círculos rojos y violetas, que representan a los átomos de oxígeno y estaño respectivamente.

Se establece una relación teórico factual para esta idea, ya que se presenta el

fenómeno indicando la masa del sistema cerrado antes y después del calentamiento y se interpreta en términos de conceptos teóricos.

### **Análisis semiótico de inscripciones**

La inscripción corresponde al género diagrama molecular.



Su función es interpretativa, ya que el autor pretende explicar la conservación de la masa a partir de la conservación de los átomos que forman el sistema cerrado del experimento.

### **Idea básica 7**

**7. LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS.** Las CQ se representan con ecuaciones químicas, las cuales brindan información simbólica universal acerca de la composición química elemental, el estado de agregación de las sustancias intervinientes, así como acerca de la proporcionalidad en la que participan dichas sustancias en la RQ y de la conservación de los átomos y elementos químicos.

### **Análisis de la estructura conceptual**

La estructura conceptual que presenta el libro para esta idea vincula 17 conceptos, explicitando el carácter de representación de las ecuaciones químicas, y el tipo de información que aportan: relacionan cantidades de reactivos y productos, las fórmulas químicas de los compuestos, los símbolos químicos de los átomos, los símbolos para indicar el estado de agregación de reactivos y productos. Se introduce el término “Ley de conservación de la masa” que se relaciona con la necesidad de balancear la ecuación. Los coeficientes estequiométricos se agregan para lograr el “equilibrio”.

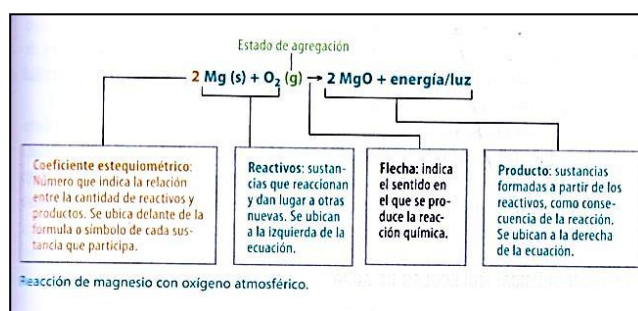
En este apartado, en el que se introduce a las ecuaciones químicas, es que se nombra por primera vez y se definen los conceptos de “reactivos” y “productos”.

El ejemplo dado es la ecuación que representa la reacción de magnesio con oxígeno, indicando en la ecuación sus símbolos constituyentes: estado de agregación, coeficientes estequiométricos, fórmulas de reactivos y de productos, flecha que indica sentido del cambio. El nivel de representación es obviamente el simbólico, pero además se representa a nivel macroscópico la reacción química, con una fotografía de una cápsula de porcelana de la que se aprecia que sale lo que parece un humo blanco, cuya leyenda es “combustión de magnesio”.

### Análisis semiótico de inscripciones

Dos inscripciones se asocian a esta idea: una inscripción mixta que combina una ecuación química con texto y una fotografía.

La inscripción mixta ilustra la idea, ejemplificando los símbolos de una ecuación.



Asimismo, la fotografía, también ilustra la idea aportando el ejemplo de reacción química a nivel macroscópico, del cual se representó la ecuación.



## Idea básica 8

**8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN SE EXPLICA MEDIANTE LA TEORÍA DE COLISIONES.** La velocidad de los CQ depende, por un lado, de la composición y estructura de las sustancias reaccionantes. Para que ocurra el CQ las partículas de las sustancias reaccionantes deben colisionar con suficiente energía para superar la Energía de Activación (barrera energética a superar para que se inicie el proceso) y con la orientación adecuada para que los grupos reaccionantes interaccionen. Por otro lado, cualquier factor que afecte la frecuencia de colisiones, afectará en el mismo sentido a la velocidad del CQ (concentración de reactivos, temperatura, presión). La velocidad de los CQ puede aumentarse también con catalizadores, los cuales disminuyen la Energía de Activación o cambian el mecanismo de la misma, resultando en un proceso distinto con menor Energía de Activación.

### Análisis de la estructura conceptual

Este libro presenta una estructura conceptual que presenta explícitamente conceptos y relaciones en torno a “energía de activación” y “teoría de colisiones”.

Plantea que las reacciones necesitan un mínimo de energía para ocurrir, la cual se denomina “energía de activación”. Esta energía es ejemplificada con la chispa necesaria para iniciar la combustión del hidrógeno.

Relaciona el concepto de energía de activación con las reacciones endergónicas y exergónicas, diciendo que ambos tipos de reacciones requieren de la misma.

Sin embargo, se presenta una relación conceptual errónea.

*“...aquellas reacciones que requieren una energía de activación elevada se desarrollan más rápidamente que las reacciones con una energía de activación menor.”*

No se desarrolla el concepto de velocidad de reacción ni se aportan ejemplos concretos de reacciones rápidas y lentas, a excepción de la mención de reacciones explosivas. El siguiente texto es la leyenda que acompaña a una fotografía (ver en el apartado siguiente):

*“Algunas reacciones con desprendimiento de gases se realizan con tanta rapidez que resultan explosivas”*

Con respecto a la teoría de colisiones, se explicita que las “moléculas de reactivos” deben chocar para dar origen a los productos. Se aclara que las moléculas que chocan deben cumplir dos requisitos: poseer la mínima energía requerida para que se rompan los enlaces, se reordenen los átomos y se formen nuevos enlaces, deben estar orientadas adecuadamente. Se define de esta manera el concepto de “colisión efectiva”, como aquella que cumple estos dos requisitos.

El ejemplo que ilustra estas ideas es la reacción entre yodo e hidrógeno para formar yoduro de hidrógeno.

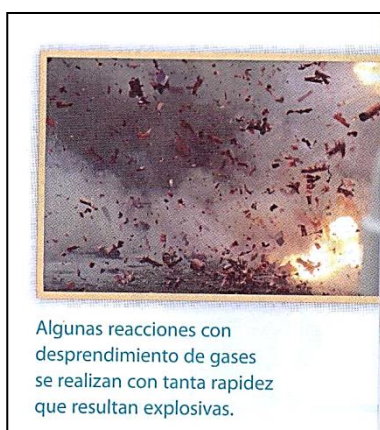
Aún así, en el desarrollo de esta idea no se logra establecer una relación teórico factual potente, ya que se aportan elementos teóricos (energía de activación y descripción teórica a nivel submicroscópico de las colisiones que ocurren durante las reacciones químicas), pero no se desarrolla la descripción macroscópica de las 3 reacciones que se utilizaron de ejemplos: “explosión”, “reacción de hidrógeno con oxígeno” y “reacción entre yodo e hidrógeno” vinculándolas con la teoría.

No se introducen los factores que pueden afectar la velocidad de una reacción química.

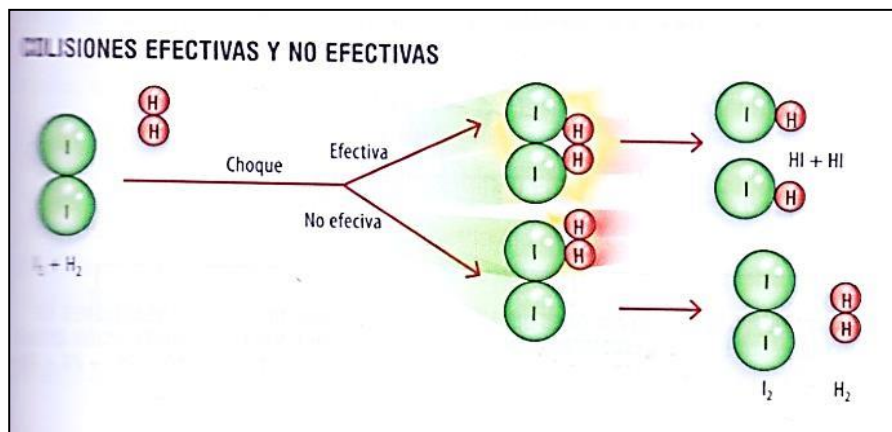
### **Análisis semiótico de inscripciones**

En relación a esta idea el libro presenta dos inscripciones. 1 fotografía y 1 inscripción mixta (diagrama molecular + diagrama procesual).

La fotografía cumple la función de describir una reacción explosiva, mostrando un cielo de nubes con trozos de una material sólido que ha sufrido los efectos de la explosión. Se pretende dar una idea de que estas reacciones son rápidas.



La inscripción mixta combina modelos moleculares y fórmulas químicas de las sustancias yodo, hidrógeno y yoduro de hidrógeno, con flechas que indican los procesos que ocurren al darse colisiones efectivas, por un lado, y no efectivas, por el otro. Esta inscripción pretende explicar a nivel submicroscópico estos dos procesos.



### Idea básica 9

**9. LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.** Los CQ se pueden clasificar según diversos criterios de patrones de comportamientos químicos. Esto es útil para explicar, predecir y controlar a los CQ.

#### Análisis de la estructura conceptual

Esta idea es, al igual que en el otro libro analizado, la más desarrollada en cuanto a número de conceptos y relaciones.

En principio se plantea que hay “muchas reacciones” y que los químicos consideran útil clasificarlas según sus “similitudes”. Sin embargo no se dice por qué es útil clasificarlas, ni se detallan los aspectos que se tienen en cuenta en la determinación de las clases.

Se identifican cuatro tipos (los más “simples”) de reacciones: “reacciones de síntesis”, “reacciones de descomposición”, “reacciones de sustitución simple” y “reacciones de sustitución doble”.

A continuación, en el libro se desarrollan otras clasificaciones: “reacciones ácido-base”, “la combustión” y “reacciones de óxido-reducción”.

Las “reacciones de síntesis” se definen como la “...combinación directa de dos o

más reactivos”, que pueden ser “átomos” o “compuestos”. Aquí se detecta una imprecisión conceptual al utilizar el término “átomos” en vez de “sustancias simples” o “elementos”. El ejemplo inmediato dado es la formación de cloruro de hierro (II) a partir de cloro y hierro. Además se presentan las reacciones de síntesis que originan la “lluvia ácida”: síntesis de ácido sulfúrico y nítrico a partir de los óxidos de azufre y nitrógeno que se forman por la combustión de carbón, naftas o petróleo. Se nombran los daños al ambiente y a la salud que provoca este tipo de lluvia, mencionando además la necesidad de disminuir las emisiones de gases contaminantes.

Las “reacciones de descomposición” se definen como aquellas en las que “un único reactivo se descompone y forma dos o más productos”. Los ejemplos principales dados son el de la “descomposición del agua” y “la descomposición espontánea del agua oxigenada”.

Se indica que las reacciones de descomposición pueden ocurrir de “modo espontáneo” o “provocadas por un agente externo”. Aquí, se identifica que el autor del libro no pretende distinguir entre los aspectos termodinámicos y cinéticos que determinan la probabilidad de ocurrencia de las reacciones químicas. Con “de modo espontáneo” se pretende significar que la reacción simplemente ocurre (esto es debido a que está favorecida desde ambos aspectos). Sin embargo, no se introduce ningún ejemplo de este tipo de reacciones. Por el contrario, si se requiere la intervención de un “agente externo”, será porque la reacción no es termodinámicamente favorable ni/o cinéticamente favorable, sin embargo el libro no hace esta distinción. Así, a estas reacciones que ocurren provocadas por un “agente externo” se las sub-clasifica en “reacciones térmicas”, “reacciones electrolíticas” y “reacciones catalíticas”. De ellas, solo se ejemplifica a las últimas con la descomposición del agua oxigenada que es acelerada por una sustancia presente en la sangre.

Asimismo, se presentan algunos otros ejemplos de reacciones de descomposición que constituyen aplicaciones prácticas: descomposición de la azida sódica en los airbags, descomposición de hidracina para propulsión de satélites y descomposición de arsina para detectar envenenamiento por arsénico (Prueba de Marsch).

Las “reacciones de sustitución simple” se definen como aquellas en las que “un átomo reemplaza a otro que forma parte de un compuesto”. Los ejemplos dados son

“la reacción de cinc con ácido clorhídrico” y la reacción de “cinc con sulfato de cobre”.

Las reacciones de sustitución doble se definen como aquellas en las que “los iones en solución acuosa de dos compuestos intercambian sus posiciones y generan, por ejemplo, un compuesto poco soluble”. El ejemplo que ilustra esta definición es la “precipitación de cloruro de plata a partir de nitrato de plata y cloruro de sodio”.

Las reacciones ácido base se presentan también como reacciones de sustitución doble. Se presentan a los ácidos y a las bases como “dos grupos químicamente opuestos” que se contrarrestan sus propiedades mutuamente. Se nombran algunas propiedades macroscópicas de los ácidos: su sabor, su capacidad para “disolver” el mármol o reaccionar con metales desprendiendo hidrógeno. Aquí se utiliza el término disolver con imprecisión, ya que el mármol reacciona con el ácido, no se disuelve.

Las propiedades de los ácidos que se nombran son: sabor amargo, textura jabonosa y contrarrestan propiedades de las bases.

Se indica que mezclando un ácido con una base se obtiene una sal. Por otro lado se nombra a las reacciones ácido-base como reacciones de neutralización, debido a que “los productos no tienen carácter ácido ni básico”. Aquí se identifica una imprecisión conceptual, ya que no siempre las reacciones ácido base producen sustancias neutras.

La combustión se presenta como una reacción de “oxidación” que desprende “luz” y “energía térmica”. El término “oxidación” no es definido previamente, no está relacionado a otros conceptos. Además no se vincula a las reacciones de combustión con las reacciones exotérmicas, que aparecen desarrolladas en una sección anterior.

Se indica que en estas reacciones intervienen el combustible (“sustancia capaz de arder”) y el comburente (“medio de reacción”). El oxígeno presente en el aire se presenta como el comburente “natural”, lo cual constituye una imprecisión conceptual: ¿A qué se refiere con el calificativo de “natural”?

Se clasifica a las combustiones en completas e incompletas, según la cantidad de

oxígeno disponible. Las primeras se definen como aquellas que se producen "...cuando hay cantidad suficiente de comburente para que reaccione todo el combustible", por el contrario, las incompletas son aquellas que ocurren "...cuando la cantidad de comburente no es suficiente para que reaccione todo el combustible". No se indica que otra diferencia es que la proporción combustible/comburente en la reacción es menor para las combustiones incompletas que para las completas, y que los productos formados en ambos tipos de combustiones son distintos.

El ejemplo dado para ilustrar este tipo de reacciones es la combustión del metano. Se presentan tanto la combustión completa como la incompleta. Se indican los productos de ambas combustiones, mencionando la toxicidad del monóxido de carbono en el segundo caso y los síntomas de la intoxicación. Un aspecto macroscópico mencionado es la diferencia de los colores de las llamas en ambos tipos de combustiones. Llama azul para las completas, llama amarilla para las incompletas.

Las "reacciones de óxido-reducción (redox)" se definen como aquellas en las que "dos sustancias intercambian entre sí electrones". La "oxidación" se define como el "proceso donde hay pérdida de electrones". La "reducción" se define como el "proceso donde hay ganancia de electrones". La sustancia que gana electrones se llama "agente oxidante" y la que los pierde "agente reductor". Los ejemplos dados para este tipo de reacciones son: la reducción de óxido de hierro (III) y la oxidación del carbono durante el proceso metalúrgico para obtener hierro a partir de minerales que contienen óxido de hierro, la oxidación o corrosión del hierro y la "reacción entre plata y sulfuro de hidrógeno del aire" que ocurre al oxidarse los objetos de plata.

Todas estas ideas en torno a diferentes clases de reacciones son representadas en el nivel macroscópico y simbólico. El nivel submicroscópico está totalmente ausente.

Algunas pocas representaciones macroscópicas corresponden a escuetas descripciones en el texto central que apenas explicitan algunas propiedades de las sustancias:

*"Los productos de esta reacción son agua y oxígeno gaseoso. El oxígeno gaseoso liberado se detecta por la formación de burbujas"*

También aparecen descripciones en modo visual: fotografías y dibujos.

El nivel simbólico está ampliamente utilizado para representar casi todos los ejemplos dados de reacciones, así como para definir de manera simbólica general los tipos de reacciones.

En concordancia con lo anterior, las sustancias que intervienen en los ejemplos de reacciones dados, se presentan a partir de su fórmula química (composición) pero no se describen por sus propiedades.

### Análisis semiótico de inscripciones

Se presenta un total de 27 inscripciones para esta idea, de las cuales 10 son fotografías, 2 son dibujos figurativos, 11 son ecuaciones químicas, 3 son organizadores conceptuales y 1 corresponde a una inscripción mixta (dibujo figurativo + diagrama procesual).

Inicialmente un organizador conceptual ilustra la idea de clasificación de reacciones químicas definiendo las 4 categorías desarrolladas:



Las inscripciones vinculadas a "reacciones de síntesis" son 4: 2 ecuaciones químicas, 1 fotografía y 1 inscripción mixta.

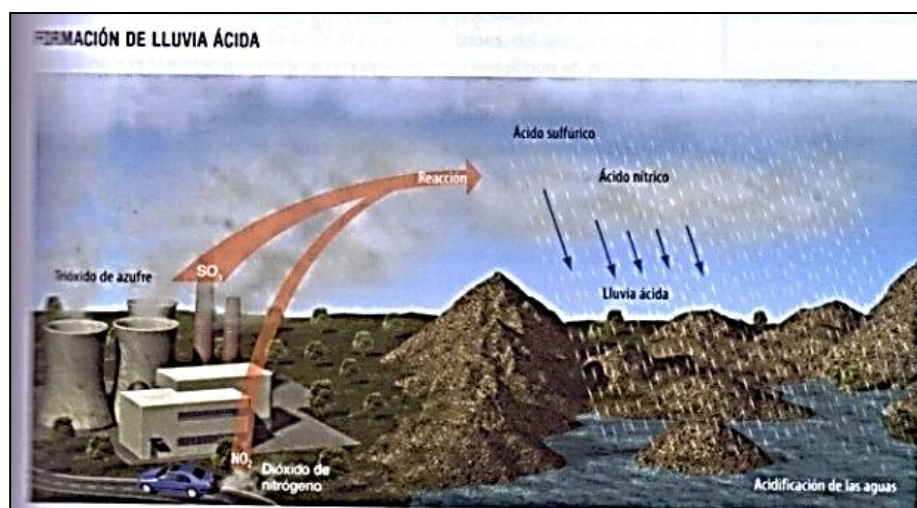
La ecuación " $X + Y \rightarrow XY$ " cumple la función de definir de manera simbólica a las reacciones de síntesis.

La ecuación " $Fe(s) + Cl_2(g) \rightarrow FeCl_2(s)$  *Cloruro de hierro (II)*" ejemplifica este tipo de reacciones.

La siguiente fotografía pretende describir un ejemplo de reacción de síntesis.



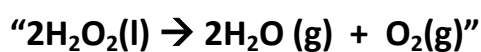
La inscripción mixta (dibujo figurativo + diagrama procesual) asociada al ejemplo de síntesis de ácidos a partir de gases de combustión ( $\text{SO}_3$  y  $\text{NO}_2$ ), pretende explicar el proceso en el ambiente.



Las inscripciones asociadas a las “reacciones de descomposición” son 6: 2 ecuaciones químicas, 2 fotografías y 2 dibujos figurativos.

La ecuación química “ $AB \rightarrow A + B$ ” pretende definir simbólicamente este tipo de reacción.

La siguiente ecuación química ejemplifica a estas reacciones:



La fotografía siguiente cumple la función de describir el ejemplo de “descomposición

del agua oxigenada”, mostrando la formación de burbujas:



La fotografía y los dibujos figurativos siguientes cumplen la función de explicar tres aplicaciones prácticas de las reacciones de descomposición.

		
<p>El airbag es un efectivo sistema de seguridad de los automóviles; se trata de una bolsa que se infla en el momento de un impacto para proteger a las personas. Pero, ¿cómo se infla tan rápidamente? Esto se debe a una veloz reacción de descomposición. En el interior del airbag desinflado hay una sustancia sólida y blanquecina, la azida de sodio (<math>\text{NaN}_3</math>). Ante el impacto de un automóvil, un mecanismo genera una temperatura de 275 °C, y desencadena la reacción de descomposición de la azida de sodio en sodio (Na) y nitrógeno gaseoso (<math>\text{N}_2</math>). Este último es el que infla el airbag.</p>	<p>En marzo de 2002, La Agencia Espacial Europea lanzó el <i>Envisat</i>, un satélite de observación terrestre. El módulo de propulsión constaba de cuatro tanques con una capacidad para combustible de 300 kg de hidracina (<math>\text{N}_2\text{H}_2</math>). Cuando se descompone la hidracina se forma amoníaco (<math>\text{NH}_3</math>) y nitrógeno (<math>\text{N}_2</math>); a su vez, parte del amoníaco se descompone en más nitrógeno e hidrógeno. Los tres gases (<math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{N}_2</math> y <math>\text{H}_2</math>) son expulsados para producir el empuje necesario para que el satélite entre en órbita.</p>	<p>James Marsh (1794-1846) fue un químico británico famoso por la invención de la prueba que lleva su nombre. En 1832, Marsh fue llamado como perito químico en un juicio por asesinato, en donde había que demostrar un asesinato por envenenamiento con arsénico. El desarrolló una prueba donde obtuvo un gas venenoso: arsina (<math>\text{AsH}_3</math>). Encendió el gas y se descompuso en arsénico puro que, cuando se pasa a una superficie fría, forma un depósito sólido negro y plateado.</p>

Las inscripciones vinculadas a las “reacciones de sustitución” simple son 3: 2 ecuaciones químicas y 1 fotografía.

La ecuación química  $E + FG \rightarrow EG + F$  define simbólicamente a estas reacciones.

La ecuación química  $Zn(s) + 2HCl \rightarrow ZnCl_2(s) + H_2(g) + \text{energía}$  aporta un ejemplo

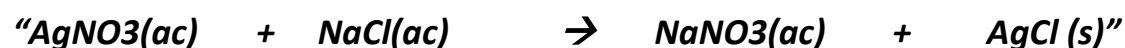
Finalmente la fotografía siguiente describe el ejemplo de reacción entre cinc y sulfato de cobre



Las inscripciones asociadas a las “reacciones de sustitución doble” son 2 ecuaciones químicas:

$PQ + RS \rightarrow PS + RQ$  cumple la función de definir a este tipo de reacciones

La siguiente cumple la función de ejemplificar:



*“Nitrato de plata Cloruro de sodio Nitrato de sodio Cloruro de plata”*

Las inscripciones asociadas a las “reacciones ácido-base” son 3: 1 ecuación química y 2 fotografías.

La ecuación química cumple la función de ejemplificar simbólicamente una reacción de este tipo:



*“Ácido nítrico hidróxido de sodio Nitrato de sodio agua”*

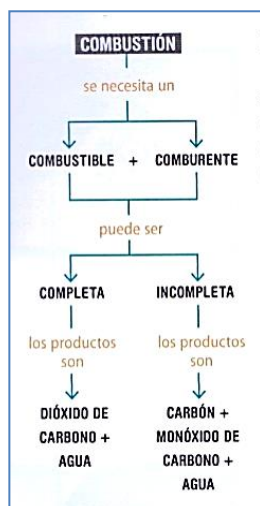
Las fotografías cumplen la función de ejemplificar casos en que se encuentran sustancias ácidas y alcalinas:



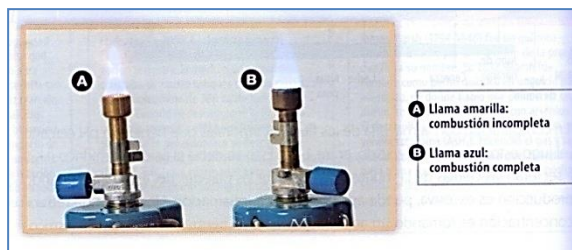
Las inscripciones asociadas a las reacciones de “combustión” son 4: 2 ecuaciones químicas, 1 organizador conceptual y 1 fotografía.

Las ecuaciones “ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O + energía$ ” y “ $4CH_4(g) + 5O_2(g) \rightarrow 2C(s) + 2CO(g) + 8H_2O(g) + energía$ ” cumplen la función de ejemplificar a las combustiones completas e incompletas respectivamente.

El organizador conceptual siguiente cumple la función de definir combustión, combustión completa y combustión incompleta:

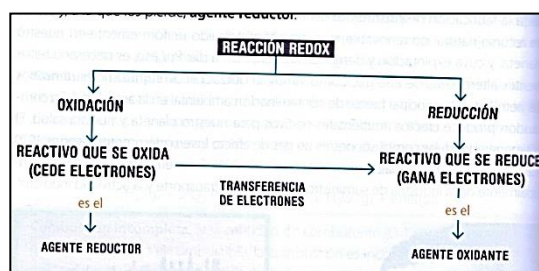


La fotografía siguiente cumple la función de describir los tipos de llamas en cada tipo de combustión:

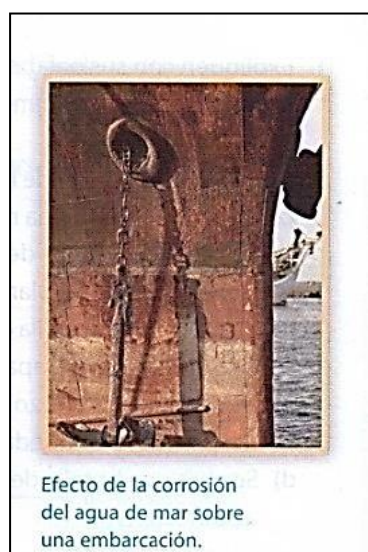


Las inscripciones asociadas a las “reacciones de óxido-reducción” son 5: 1 organizador conceptual, 3 fotografías y 1 ecuación química.

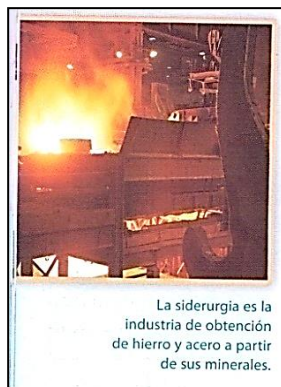
El organizador conceptual cumple la función de definir a este tipo de reacciones, la oxidación y la reducción:



Las fotografías siguientes cumplen la función de describir los óxidos de cobre y de hierro:



La siguiente fotografía ilustra el proceso de siderurgia mostrando el interior de una fundición de hierro y acero, por lo que cumple la función de ejemplificar una aplicación de este tipo de reacciones.



## 5.2 SÍNTESIS DE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS

De los elementos analizados en este trabajo, se puede concluir que el LDT-1 presenta, en relación a las ideas básicas analizadas, un modelo conceptual de Cambio Químico con las características que se detallan a continuación.

En cuanto a la idea básica 1: *formación de nuevas sustancias*, se ha encontrado imprecisión en la definición macroscópica de Cambio Químico. La expresión “transformación de los materiales/sustancias” entendidos como cambios en las propiedades de los sistemas, se toma como atributo crítico en la definición macroscópica de Cambio Químico. Esto denota la concepción alternativa que considera a los Cambios Químicos como transformaciones en las propiedades del sistema pero con conservación de las sustancias, lo que Andersson (1990), denomina modelo de transformación “*Modificación*”. En relación a los términos “sustancia” y “material”, su uso indistinto corresponde a otra concepción alternativa muy estudiada y considerada un obstáculo importante para la comprensión del Cambio Químico (Furió y Domínguez, 2007b, Furió, C., y Furió, C., 2000, Azcona, Furió, Intxasuti y Álvarez, 2004).

En concordancia con la definición imprecisa de la idea básica 1, el libro no hace mención de la necesidad de evidenciar los Cambios Químicos como cambios “sustanciales” mediante el *reconocimiento y distinción empírica entre reactivos y productos*, por lo que la idea básica 2 está ausente.

Respecto a la idea básica 3, algunos pocos ejemplos de *cambios manifiestos en los sistemas que cursan reacción química* simplemente se mencionan (cambio de color, dureza) pero no se explican ni empíricamente ni teóricamente, (a excepción de los intercambios de energía que se desarrollan en la idea básica 5).

El uso del *modelo atómico molecular* para explicar y representar a los Cambios Químicos (Idea básica 4) se presenta de manera muy limitada en este libro. Simplemente se enuncia de manera general, y sólo en modo verbal, la ruptura y formación de enlaces entre átomos/iones. No se mencionan ejemplos, ni se representa visualmente a nivel submicroscópico un proceso en particular, y menos aún se vincula el modelo con la descripción macroscópica de un fenómeno.

La idea básica 5, explicación de los *intercambio de energía entre sistema y entorno* en base a la ruptura y formación de enlaces que se da en la formación de nuevas sustancias, es una de las más desarrolladas en este libro. Se describe fenomenológicamente la reacción de descomposición de peróxido de hidrógeno. Se la clasifica como exotérmica y se explica el aumento de temperatura a partir del modelo atómico-molecular, introduciendo las ideas de ruptura y formación de enlaces, la absorción de energía en el primer caso y su liberación en el segundo caso, así como el balance energético entre ambos procesos. Sin embargo, esta explicación se hace de forma general, y no se usa el ejemplo dado para mostrar qué enlaces se rompen en la molécula de peróxido de hidrógeno y cuáles se forman para dar los productos. Las inscripciones no aportan sustantivamente a la construcción de significado alrededor de esta idea: sólo describen aspectos accesorios a la idea que se quiere transmitir. Una foto del envase de agua oxigenada, un modelo molecular del peróxido de hidrógeno que describe su estructura y composición, la ecuación química de su descomposición, un organizador conceptual que describe relacionando la ruptura y formación de enlaces con la energía, una diagrama procesual que describe de forma imprecisa las reacciones exo y endotérmicas en función de la transferencia energética entre sistema y entorno. Todas ellas ilustran pero no interpretan. Por ejemplo, no hay imágenes de enlaces que se rompen ni de enlaces que se forman, ni diagramas de energía potencial relativa para comparar el “contenido energético” de reactivo y productos. Se destaca la mención de aplicaciones prácticas de este tipo de reacciones.

Respecto a la *conservación de la masa* (Idea básica 6) el libro presenta un desarrollo muy limitado. Hay ausencia de descripciones de fenómenos en que se evidencie la conservación de la masa, así como ausencia de representación submicroscópica de sistemas usando el modelo atómico-molecular. La expresión “la masa total del sistema se conserva” se refiere implícitamente a la masa de los átomos representados con símbolos químicos en una ecuación química. Queda claro que la idea de conservación de la masa está sesgada exclusivamente al nivel simbólico de representación, por lo que se considera que su desarrollo es erróneo por omisión de los otros niveles de representación química.

La idea básica 7 (*las ecuaciones químicas*) es una de las más desarrolladas. Se destaca la explicitación del carácter de representación en un lenguaje universal, se explica el proceso de escritura y de ajuste a partir de un ejemplo de Cambio Químico cotidiano, aunque no se da significado explícito a todos sus signos. El apartado “Las ecuaciones químicas” se presenta en segundo lugar dentro de la sección “Las Reacciones Químicas”. Se considera poco adecuada la introducción del lenguaje simbólico como uno de los primeros aspectos a desarrollar de las reacciones químicas, considerando su carácter modélico de representación de fenómenos aún no descriptos, su bajo grado de iconicidad y por lo tanto su alto nivel de abstracción.

Con respecto a la idea básica 8 (*aspectos cinéticos de los Cambios Químicos*), este libro menciona, al proponer la descomposición del peróxido de hidrógeno como ejemplo de reacción de descomposición, términos correspondientes a los aspectos termodinámicos y cinéticos sin diferenciarlos, promoviendo ideas erróneas al no definir con precisión el término “espontáneo”. No desarrolla el concepto de velocidad de una reacción química y no introduce la teoría de colisiones ni un modelo particulado que lo fundamente.

La idea básica 9 (*clasificación de los Cambios Químicos*) ocupa la mayor extensión del tema Cambio Químico en el libro (6 páginas de 7 totales correspondientes al tema Reacciones Químicas). No se explicita un subtítulo general correspondiente a la clasificación de las reacciones químicas, sino que casi la totalidad de la sección “Las reacciones químicas” se estructura en torno a “tipos de reacciones”: cada subtítulo es un tipo de reacción. Se presentan 5 tipos de reacciones químicas. Dentro de cada uno de estos apartados, donde se esperaría

encontrar información específica sobre cada clase de reacción, se desarrollan otras ideas básicas que ya fueron analizadas en la investigación. Las reacciones de síntesis, de descomposición y de óxido-reducción se desarrollan principalmente en el nivel simbólico, habiendo un déficit en las representaciones macroscópicas que aportan carácter factual a estas reacciones. En cambio las “reacciones de reconocimiento de sustancias” y las “reacciones para calentar y enfriar” están desarrolladas totalmente en el nivel macroscópico, a partir de conceptos exclusivamente fenomenológicos.

En síntesis, el LDT-1 presenta un modelo conceptual de Cambio Químico con imprecisiones e inconexo. No explicita todos los conceptos ni las relaciones necesarias para una comprensión del Cambio Químico congruente con el modelo propuesto. Los ejemplos dados son meramente enunciativos de fenómenos, pero desconectados de las explicaciones teóricas que los convierten en Cambios Químicos. Las inscripciones son en su mayoría ilustrativas, con preponderancia de definiciones, no aportando interpretaciones que permitan establecer relaciones teórico-factuales. El atributo crítico de la definición de Cambio Químico: formación de nuevas sustancias, se hace exclusivamente en el nivel simbólico, con algunas referencias textuales submicroscópicas. No se presenta esta idea a nivel fenomenológico. Se menciona el cambio en los materiales (en sus propiedades) pero sin explicar sus causas, a excepción de los cambios de temperatura. La ausencia de un modelo expreso visual basado en el modelo atómico-molecular, que haga de “puente” entre el fenómeno y las representaciones más abstractas (ecuaciones químicas), enfatiza su carácter inconexo. Todo esto permite concluir que el contenido analizado del libro de texto no parece contribuir a la construcción de un modelo de Cambio Químico que sea al mismo tiempo satisfactorio para el lector y coherente con el modelo de referencia.

A partir del análisis del LDT-2, se arriba a que la idea básica 1 (*formación de nuevas sustancias*) está claramente explicitada, ya que se define a los cambios químicos como la formación de nuevas sustancias a partir de sustancias iniciales. Sin embargo, al introducir un ejemplo de formación de nuevas sustancias a partir de sustancias iniciales, se lo hace describiéndolo inicial y prematuramente desde el

nivel submicroscópico, sin desarrollar los aspectos macroscópicos necesarios para que pueda construirse significado en torno al fenómeno. Se utilizan modelos submicroscópicos expresos sin aclarar su naturaleza de representación ni sus limitaciones.

La idea básica 2, (*la distinción empírica entre reactivos y productos*) está presente, pero en el libro no se la considera como necesaria para evidenciar la ocurrencia de reacciones químicas y promover la atribución de significado en los estudiantes. Nuevamente, como en la idea anterior, el aspecto fenomenológico aparece deficitario en la definición de Cambio Químico.

La idea 3, que incluye los *aspectos fenomenológicos (manifestaciones) de las reacciones químicas*, está desarrollada en el libro abarcando la diversidad de cambios perceptibles que se pueden producir durante los Cambio Químicos. Se ejemplifican y, en la mayoría de los casos, se nombra la causa de estas manifestaciones: formación de sustancias nuevas. Es de destacar que para este libro son estas manifestaciones generales las evidencias de Cambio Químico, sin tener en cuenta el criterio basado en la caracterización e identificación macroscópica de las sustancias a partir de la contrastación de sus propiedades específicas (Furió y Furió, 2000), es decir, lo que se propone en la idea básica 2.

En relación al *modelo atómico-molecular* (idea básica 4), el libro explicita el carácter de representación de los modelos (“de partículas”) expresos, pero sin mencionar las limitaciones de dichas representaciones. La introducción de una inscripción del género diagrama molecular para ilustrar la utilidad de los modelos permite significar a nivel submicroscópico lo que ocurre durante la electrólisis de agua, pero no se dan detalles sobre los aspectos factuales de la reacción, quedando incompleta la relación teórico-factual.

Con respecto a la idea básica 5, *aspectos energéticos de los Cambios Químicos*, el libro aporta conceptos fenomenológicos y teóricos, así como relaciones que permiten establecer vínculos entre teoría y fenómenos. Sin embargo, la ausencia de inscripciones que muestren la ruptura y formación de enlaces o diagramas de energía potencial relativa, dificulta la explicitación de una relación teórico factual que promueva una significación más potente por parte del estudiantado.

Para la *conservación de la masa* (idea básica 6) este libro presenta un fenómeno

de laboratorio (un experimento llevado a cabo Lavoisier) y lo explica a nivel submicroscópico, no utiliza el nivel simbólico para esta idea, ni la conservación de los elementos químicos. Se reconoce que se establece una relación teórico-factual, aunque con imprecisiones en el modelo expreso (diagrama molecular), lo que hace dificultosa la construcción de un significado correcto.

Al igual que en LDT-1, este libro también introduce prematuramente *el lenguaje simbólico de las ecuaciones químicas* (idea básica 7) en el segundo apartado de la sección “Las reacciones químicas”, aun cuando todavía no se han desarrollado los conceptos fenomenológicos y sus relaciones en torno a los fenómenos de Cambio Químico.

En relación a los *aspectos cinéticos de los Cambios Químicos* (idea básica 8), se presenta una estructura conceptual centrada en dos conceptos teóricos: “energía de activación” y “teoría de colisiones”. Se utilizan estas ideas teóricas para brindar un *mecanismo* con el cual se interpreta la ocurrencia de las reacciones a nivel submicroscópico, pero no queda establecida una relación teórico-factual explícita y clara al no exponerse los aspectos fenomenológicos de la cinética de los Cambios Químicos.

Finalmente, el desarrollo de la *clasificación de las reacciones químicas* (idea básica 9) se extiende en 8 páginas de las 16 que ocupan la sección “Las reacciones químicas”. Aún así, no se indica qué utilidad tiene clasificar a los Cambios Químicos. Se introducen 7 clases de reacciones, las cuales se representan a nivel simbólico y macroscópico. El nivel submicroscópico está ausente. 4 de ellas se desarrollan con mayor profundidad fenomenológicamente: reacciones de síntesis, de descomposición, combustión y de óxido-reducción, describiendo fenómenos y aplicaciones cotidianas como lluvia ácida, inflado de airbags, combustión de metano, corrosión de metales y siderurgia, en los que se describen algunas de las propiedades de las sustancias intervinientes.

En el caso del LDT-2, se puede concluir que las representaciones de las ideas básicas conforman un modelo conceptual de Cambio Químico más cercano al modelo referente, combinando y poniendo en relación aspectos fenomenológicos con explicaciones teóricas, aunque de manera limitada: no lo hace para todas las ideas básicas. El modelo atómico molecular es utilizado únicamente para definir a

los Cambios Químicos y para interpretar la conservación de la masa. Sin embargo, al igual que en el LDT-1, se introduce de manera prematura para explicar fenómenos que no siempre aparecen o no se analizan con suficiente profundidad desde la perspectiva macroscópica. La necesidad de identificar los productos de una reacción química mediante un “análisis químico”, se presenta solo en el caso de no haber manifestaciones perceptibles en el sistema.

En comparación con el LDT-1, el LDT-2 desarrolla con mayor extensión todas las ideas, utiliza modelos expresos submicroscópicos en modo visual para interpretar a los Cambios Químicos, contiene mayor cantidad de inscripciones, siendo la mayoría de ellas ilustrativas más que explicativas.

### **5.3 ACERCA DEL CONCEPTO DE SUSTANCIA.**

Los libros de texto analizados concuerdan con una enseñanza de la Química que se preocupa en exceso por los aspectos simbólicos dejando a las propiedades macroscópicas de las sustancias sin profundizar o, si se desarrollan, rara vez son explicadas en vinculación a entidades teóricas.

Esta ausencia de la utilización de la entidad sustancia definida como material caracterizado por un conjunto de propiedades específicas, llevó a buscar en los libros una definición del concepto de *sustancia*.

El LDT-1 menciona por primera vez el término sustancia en el apartado “Temperatura de cambios de estado”, en el que se indica que un material es una *sustancia* si durante su cambio de estado la temperatura se mantiene constante, a diferencia de las mezclas en las que la temperatura durante su cambio de estado varía. Dos capítulos más adelante, en el apartado “La teoría atómico-molecular” se indica, en el marco de las ideas de Dalton y de Avogadro, lo siguiente: “Las sustancias están constituidas por partículas llamadas moléculas, que, a su vez, están formadas por uno o más átomos.” y “Las moléculas de una sustancia son iguales entre sí y difieren de las de otras sustancias”

El LDT-2 introduce el término sustancia en el capítulo denominado “Mezclas y soluciones”, en el que trata la variedad y posibles clasificaciones de las mezclas. Allí, lo define de la siguiente manera: “*Las sustancia puras, o simplemente sustancias, pueden estar formadas por una o más partículas (átomos) iguales, como el neón o el*

*fósforo...”.*

Se concluye que en ninguno de los dos libros se presenta una definición macroscópica de sustancia, lo que es coherente con la manera en que desarrollan los modelos de Cambio Químico en ambos ejemplares, es decir, sin hacer uso de esta entidad teórica.

#### **5.4 EN RELACIÓN A LOS DISEÑOS CURRICULARES**

El diseño curricular oficial prescribe los contenidos a enseñar en la educación formal. Por ello, resulta pertinente poner en relación dichos contenidos prescriptos con los que proponen los libros de texto analizados. En el primer capítulo se planteó el interrogante acerca de la relación que hay entre el Modelo Conceptual-Didáctico de Cambio Químico, el Modelo de Cambio Químico presentado en los libros y los contenidos prescriptos en los diseños curriculares.

El diseño curricular provincial de Química para el Ciclo Básico presenta un listado de contenidos en el que no está presente el concepto “sustancia”. Esto indica concordancia con la poca centralidad que los libros de texto analizados le dan a este concepto. En cuanto al Cambio Químico (Reacciones Químicas), solo se explicita este término en el contenido “Reconocimiento de reacciones químicas”. Este tema es abordado por el LDT-2, pero no por el LDT-1. Sin embargo, como anteriormente se dijo, en ninguno de los dos libros, ni en el diseño, se presenta la necesidad de reconocer a las reacciones químicas utilizando las propiedades específicas de las sustancias, como sí lo indica el MCQ.

A continuación, el diseño provincial pasa directamente a presentar los dos últimos contenidos relacionados al Cambio Químico: *“Coeficientes estequiométricos”* y *“Representación a través de fórmulas químicas de reacciones que puedan tener relevancia en la vida cotidiana involucradas en acciones preventivas y reparadoras del deterioro ambiental”*. Se interpreta que el término “fórmulas químicas” se refiere a “ecuaciones químicas”. Se concluye que los libros de texto analizados, sobre todo el LDT-1, y los contenidos oficiales coinciden en el énfasis en el nivel simbólico de representación. Es de destacar que en el diseño provincial no aparece el modelo atómico-molecular, y que los dos libros que se analizaron presentan una mayor cantidad de contenidos que los prescriptos.

Los diseños nacionales (NAP) para el área de Ciencias Naturales del Ciclo Básico, presentan las siguientes características en torno a la disciplina Química.

El concepto de sustancia aparece implícitamente en los siguientes contenidos:

*“El acercamiento a la teoría atómico-molecular y el reconocimiento de los constituyentes submicroscópicos de la materia tales como moléculas, átomos y iones”*

*“La iniciación en el uso de la tabla periódica y del lenguaje de la química, reconociendo símbolos de elementos y fórmulas de algunas sustancias presentes en la vida cotidiana”.*

Al igual que en los libros de texto analizados, no está presente el concepto macroscópico de sustancia, dándole más peso a los niveles simbólico y submicroscópico de representación.

La primera mención que se hace del concepto de reacción química es en relación a su modelización a nivel particulado y a nivel simbólico, para explicar la ley de conservación de la masa y los cambios químicos como reordenamiento de partículas:

*“La utilización de la teoría atómico-molecular para explicar la ley de conservación de la masa y los cambios químicos entendidos como un reordenamiento de partículas, comenzando a hacer uso del lenguaje simbólico para representarlos mediante ecuaciones”.*

No está presente el concepto de reacción química a nivel macroscópico, ni el reconocimiento de las sustancias involucradas mediante sus propiedades. Se presenta principalmente el modelo, con los fenómenos en segundo plano.

La velocidad de las reacciones químicas es un contenido presente:

*“El reconocimiento de algunas variables que influyen en la velocidad de las transformaciones químicas, por ejemplo, temperatura, presencia de catalizadores.*

En relación a este contenido, el diseño curricular, no conecta fenómeno con teoría, no explicita un modelo explicativo (en términos de frecuencia de colisiones entre partículas). Así, los dos libros de texto analizados solo mencionan la catálisis

de la descomposición del peróxido de hidrógeno, al contacto con la sangre, sin profundizar en el concepto de velocidad de reacción, ni modelizar el fenómeno.

El reconocimiento de reacciones químicas se menciona, más adelante y como último contenido, en un contexto particular:

*“El reconocimiento de las reacciones químicas involucradas en acciones preventivas y reparadoras del deterioro ambiental.”*

Se concluye que el punto de discordancia más destacable entre el MCQ, los diseños curriculares y los libros de texto, es el concepto macroscópico de sustancia, ausente en los dos últimos. Este resultado se considera de relevancia central en esta tesis, ya que para la construcción del concepto de Cambio Químico resulta ineludible el concepto de sustancia, tanto a nivel macroscópico como submicroscópico. (Furió y Furió, 2000).

## **5.5 MODELOS INTERPRETATIVOS PARA EL CAMBIO QUÍMICO**

El libro de texto, como objeto cultural, aporta además de un conjunto de ideas científicas, unas determinadas maneras de hablar de y significar al Cambio Químico. Los libros ayudan a construir significados en torno a los fenómenos que toma del mundo. Para ello utiliza diversos elementos semióticos, con los cuales se pretende convencer al lector que las explicaciones dadas son creíbles y satisfactorias. Así, los libros de texto no muestran el mundo tal como es, sino que aportan unas maneras determinadas de mirarlo y significarlo en función de las ciencias, con la mediación de dichos elementos. Se conviene en llamar a estas “miradas y significaciones” como *Modelos Interpretativos de Cambio Químico*. El aspecto de estos modelos que interesa identificar es el nivel de representación química que es enfatizado en los libros y si existen relaciones entre los diferentes niveles para construir explicaciones sobre el Cambio Químico.

En función del énfasis se proponen 4 Modelos Interpretativos de Cambio Químico:

- *Modelo Interpretativo Fenomenológico*: el Cambio Químico se define como la formación de nuevas sustancias, las cuales se identifican y distinguen a partir de sus propiedades específicas. Este modelo de Cambio Químico está basado en la interpretación de observaciones de procedimientos empíricos

involucrando la entidad teórica “sustancia caracterizada por determinadas propiedades”.

- *Modelo Interpretativo Submicroscópico*: el Cambio Químico se define como la formación de nuevas partículas representativas de sustancias, y de esta manera se explica la formación de productos a partir de reactivos. Es un modelo teórico que principalmente describe el “comportamiento” de los átomos y moléculas.
- *Modelo Interpretativo Simbólico*: el Cambio Químico queda definido e identificado a partir de la ecuación química que lo representa. Es un modelo descriptivo teórico simbólico “instrumentalista”, ya que las ecuaciones químicas se consideran, bajo este enfoque, meros instrumentos para cuantificar relaciones, calcular y predecir.
- *Modelo Interpretativo Fenomenológico-Submicroscópico-Simbólico*: El CQ se define como la formación de nuevas sustancias y esto se explica utilizando tanto la interpretación de resultados de pruebas empíricas como el modelo atómico-molecular. El nivel simbólico se utiliza, en última instancia, como la manera más abstracta y sofisticada de representación de reacciones químicas.

El primero de ellos correspondería con un Modelo parcial fenomenológico, mientras que los dos siguientes se corresponderían con Modelos parciales teóricos (Marzábal, 2014). El último se correspondería con un Modelo completo en el que se relacionan los aspectos fenomenológicos con los teóricos, estableciendo relaciones teórico factuales precisas y explícitas.

Estos Modelos Interpretativos contruidos ad-hoc permiten enmarcar los análisis e interpretaciones realizados para presentar a continuación las conclusiones del trabajo.

# CAPÍTULO 6

## CONCLUSIONES

En este capítulo último de la tesis se exponen las reflexiones finales en base a los análisis realizados con el objeto de responder a las preguntas de la investigación con centro en los objetivos de la tesis.

A partir del análisis de los datos se logró construir una caracterización del modelo de Cambio Químico de cada libro, poniendo en relación los aspectos conceptuales y semióticos hallados. Se proponen los siguientes Modelos Interpretativos de Cambio Químico para cada libro:

El LDT-1 presenta un modelo de Cambio Químico cuyas ideas, en su mayoría, son congruentes con un Modelo Interpretativo Simbólico. Así, podría promoverse la idea errónea de que las reacciones químicas ocurren con unas pocas “fórmulas”, que son las que se representan en las ecuaciones químicas.

Esta caracterización se fundamenta en varios resultados encontrados. En primer lugar, un alto porcentaje (32%) de las inscripciones corresponden al género “simbólica química”: ecuaciones químicas, mientras que no se presentan inscripciones del género “diagrama molecular” que expliquen submicroscópicamente al Cambio Químico.

La función predominante de las inscripciones es la de ilustrar (68%) mediante definiciones (32%), descripciones (25%) y ejemplificaciones (18%). Solo un 25% de las inscripciones son explicativas y son ecuaciones químicas.

No se desarrollan con profundidad los aspectos macroscópicos (propiedades de las sustancias) de los Cambios Químicos, ni se hace uso de los conceptos macroscópico ni submicroscópico de sustancia para definirlos ni explicarlos. En concordancia, la formación de nuevas sustancias, como atributo crítico del Cambio Químico, se representa exclusivamente en el nivel simbólico.

En la mayoría de las ideas no se desarrolla la explicación de los fenómenos ni empírica ni teóricamente, a excepción del caso de los intercambios de energía entre sistema y entorno. Para esta idea se combina un Modelo Interpretativo Simbólico

con uno Submicroscópico, agregando algunos conceptos fenomenológicos como energía, entorno, sistema, calor.

El LDT-2 presenta una combinación de los tres primeros modelos parciales: Fenomenológico, Submicroscópico y Simbólico, pero generalmente desconectados entre sí.

Algunas ideas son acordes a un Modelo Interpretativo Submicroscópico. Se define e interpreta al Cambio Químico, a la ley de conservación de la masa y al modelo de colisiones, a partir de las entidades teóricas: partículas, moléculas, átomos y enlaces, sin profundizar en las propiedades específicas de las sustancias. Sin embargo, este modelo interpretativo está ausente en la sección más amplia que corresponde a la clasificación de las reacciones químicas, donde la mayoría de las inscripciones corresponden a fotografías de fenómenos y aplicaciones, y a ecuaciones químicas.

En el desarrollo de los intercambios de energía entre sistema y entorno se combinan los Modelos Interpretativos Submicroscópico y Simbólico con algunas descripciones de sustancias a partir de sus propiedades. Se habla de átomos y de ruptura y formación de enlaces, de sustancias como reservas de energía potencial, de calor, luz y electricidad y se representan reacciones con ecuaciones químicas en las que se indican los estados de agregación de las sustancias. El 31% de las inscripciones del LDT-2 corresponden al nivel simbólico de las ecuaciones químicas. El 9% corresponde al nivel submicroscópico de los diagramas moleculares.

Se puede identificar un modelo correspondiente al Modelo Interpretativo Fenomenológico para las ideas presentadas en torno a los cambios perceptibles durante los Cambios Químicos. Se describen reacciones químicas y sus manifestaciones, nombrando algunas propiedades de las sustancias antes y después de la reacción, lo que provee de una interpretación empírica de los Cambios Químicos.

Se encontraron algunas coincidencias entre ambos libros. En ellos la descripción de las sustancias a partir de sus propiedades no es el foco central para explicar el Cambio Químico, por lo tanto, los libros no ponen énfasis en la distinción macroscópica entre reactivos y productos. En cambio, el Cambio Químico se

desarrolla en torno a sus diversas clasificaciones, previa definición y presentación de la forma de simbolización del mismo: ecuaciones químicas en el LDT-1 y ecuaciones químicas con algunos modelos submicroscópicos en el LDT-2.

Se encontró coherencia entre las características generales de las ideas sobre el Cambio Químico encontradas en los libros y los contenidos prescritos en los diseños curriculares de la provincia de Santa Fe y los NAP. Principalmente coinciden en la preponderancia del nivel simbólico, la ausencia del concepto macroscópico de sustancia y la brecha entre fenómenos y teoría.

Se pudo identificar y caracterizar a las inscripciones que utilizan los dos libros, mediante un relevamiento bajo categorías de análisis semiótico. Se utilizó un registro numérico con el fin de enfatizar las comparaciones de las categorías en ambos libros. Desde el punto de vista de la función que cumplen las inscripciones, se encontró que en el LDT-1 la mayoría de las inscripciones (%75) son ilustrativas, siendo el resto de tipo interpretativa. Los resultados hallados en el LDT-2 son similares: mayoría de inscripciones (81%) ilustrativas y la menor parte (19%) son interpretativas. Estos hallazgos permiten concluir que en cuanto a las inscripciones, ambos libros presentan baja potencialidad respecto a la promoción de una construcción conceptual significativa basada en el establecimiento de relaciones causales.

Según la perspectiva del género de inscripciones, la gran mayoría corresponde, en el LDT-1 a ecuaciones químicas (32%) y organizadores conceptuales (32%). En el LDT-2 la mayoría de las inscripciones corresponden a fotografías (33%) y ecuaciones químicas (31%). Se concluye, a partir de estos resultados, que el aspecto común a ambos libros es la utilización de las ecuaciones químicas como uno de los principales recursos semióticos.

Un rasgo central hallado, común a ambos libros analizados es la prematura presentación del Cambio Químico como un reordenamiento de átomos o como una ecuación química, sin antes haber presentado y analizado en profundidad el fenómeno mismo. De esta manera los modelos carecen de su poder explicativo y predictivo, y los contenidos corren el riesgo de ser meramente memorizados, con repetición de símbolos y algoritmos sin sentido, en total desvinculación del mundo.

Martínez, Valdéz, Talanquer y Chamizo (2012) aclaran esta situación diciendo:

Mostrar un modelo salido de la nada no sólo promueve una visión incorrecta del trabajo científico sino que demanda un nivel de abstracción innecesario. Nadie se sienta a construir un modelo sin datos experimentales que requieran ser explicados o fenómenos que se deseen predecir. Si esto es así, enseñémoslo así. El desarrollo de conceptos e ideas en el salón de clases haciendo uso de la información experimental disponible nos permitirá eliminar la presentación de conceptos misteriosos que confunden a los estudiantes. Así podremos ilustrar cómo se construyen los modelos en las ciencias. (p. 364)

Para el análisis de los libros de texto se hizo necesario e imprescindible partir de un análisis epistemológico del Cambio Químico con el objeto de construir un modelo de referencia. Este análisis involucró la identificación de los conceptos e ideas centrales, de los niveles y modos de representación pertinentes para cada una de estas ideas, así como las conexiones entre estas ideas, niveles y modos representacionales.

La discriminación entre lo fenomenológico, lo submicroscópico y lo simbólico en la representación de los conceptos e ideas básicas del Cambio Químico, mediante la implementación de una metodología que hizo posible la identificación y categorización de los recursos semióticos utilizados, constituyeron el centro del análisis realizado de los libros.

Teniendo en cuenta todo lo anterior, el aporte de esta tesis a docentes que enseñan Química en el nivel secundario se considera pertinente, relevante y valioso.

En primer término, para enseñar un tema es necesario construir un cuerpo conceptual consistente. En esta tesis se ha realizado justamente eso: **se aporta un modelo de referencia conceptual didáctico ad hoc de Cambio Químico para la escuela secundaria, en el sentido de un determinado recorte conceptual para la enseñanza.**

En segundo término, se le imprime una relevancia y significación particular a los elementos semióticos, vistos como los recursos mediadores en la construcción de significados. En este sentido, **esta tesis provee de unas categorías de análisis**

**semiótico que constituyen una herramienta muy útil para evaluar la potencialidad de las diversas inscripciones en relación a las ideas que pretenden enseñarse.**

En consecuencia, esta investigación resulta de interés debido a que aporta un instrumento de análisis conceptual y semiótico de libros de texto, en este caso de un tema particular, el Cambio Químico. Su aplicación permite elaborar una caracterización del tema en cada libro analizado, lo cual puede aportar criterios válidos a la hora de la selección de libros de texto, por parte de docentes de Química, que mejor se adecuen desde el aspecto conceptual y semiótico al modelo referencial propuesto.

Asimismo, esta tesis realiza aportes al campo de la investigación en Didáctica de las Ciencias, ya que la metodología desarrollada es posible de ser aplicada al análisis de otros temas en libros de texto.

Para finalizar, el proceso de construcción de la tesis, las preguntas, los análisis realizados, los resultados y conclusiones, abrieron la posibilidad de plantear otras cuestiones potenciales a investigar. En este sentido, un interrogante que surge es, ¿Qué relación existe entre la manera en que los libros de texto presentan el tema Cambio Químico y las formas en que los docentes lo enseñan?

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abela, J. A. (2002). *Las técnicas de Análisis de Contenido: Una revisión actualizada*. Disponible en <http://anthropostudio.com/wp-content/uploads/2014/07/Andr%C3%A9u-J.-2000.-Las-t%C3%A9cnicas-de-an%C3%A1lisis-de-contenido-una-revisi%C3%B3n-actualizada..pdf> (fecha de consulta: 30 de enero de 2017)
- Álvarez Angulo, T (1996) *El texto expositivo-explicativo: su superestructura y características textuales*. *Didáctica*, 8, 29-44.
- Andersson, B. (1990): Pupils' Conceptions of Matter and its Transformations (age 12-16), *Studies in Science Education*, 18:1, 53-85
- Asinsten, J. C. (2010). *La comunicación en entornos virtuales de aprendizaje*. Organización de Estados iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Virtual Educa Argentina.
- Azcona, R., Furió, C., Intxausti, S., y Álvarez, A. (2004). ¿Es posible aprender los cambios químicos sin comprender qué es una sustancia? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (40), 7-17.
- Barros, S. G., y Martínez, C. (2003). Las actividades de primaria y ESO incluidas en libros escolares: ¿Qué objetivo persiguen? ¿Qué procedimientos enseñan? *Enseñanza de las ciencias*., 21(2), 243-264.
- Bensaude-Vincent, B. y Stengers, I. (1997). *Historia de la Química*. Adisson-Wesley Iberoamericana, Madrid, España.
- Boulter, C. y Buckley, B. (2000). Constructing a Typology of Models for Science Education. En *Developing Models in Science Education*, 41- 57. Springer Netherlands.
- Buckley, B. y Boulter, C. (2000). Investigating the role of Representations and Expressed Models in Building Mental Models. En *Developing Models in Science Education*, 41- 57. Springer Netherlands.

- Caamaño Ros, A. (2011). Sustancias Químicas elementales y compuestos químicos. Una propuesta didáctica con un enfoque investigativo y de modelización en los niveles macroscópico y submicroscópico. *Investigación en la escuela*, 45-58.
- Calvo Pascual, M. A. y Martín Sánchez, M. (2005). Análisis de la adaptación de los libros de texto de ESO al currículo oficial, en el campo de la Química. *Enseñanza de las ciencias*, 23(1), 17-32.
- Campanario, J.M. y Otero, J. (2000). La comprensión de los libros de texto. En Perales, F.J. y Cañal, P. (eds.). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*, pp. 323-338. Alcoy: Marfil.
- Caravita, S. y Valente, A. (2013). Educational Approach to Environmental Complexity in Life Sciences School Manuals: An Analysis Across Countries. En M.S. Khine (ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness*.
- Caruso, M., Castro, M., Domínguez, J., García-Rodeja, E., Iturralde, C., Rocha, A., y Scandrolí, N. (1998). Construcción del concepto de reacción química. *Educación Química*, 9(3), 150-154.
- Cheng, M. y Gilbert, J.K. (2009). *Towards a Better Utilization of Diagrams in Research into the Use of Representative Levels in Chemical Education*. En Gilbert, J. K y Treagust, D. (Eds) *Multiple Representations in Chemical Education*. Springer.
- Dimopoulos, K. y Karamanidou, C. (2013) Towards a More Epistemologically Valid Image of School Science: Revealing the Textuality of School Science Textbooks. En M.S. Khine (ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness*, Springer Science+Business Media B.V.
- Eco, U. (1970). Semiología de los mensajes visuales. En Metz, C. et al. (1970) *Análisis de las imágenes*. Editorial Tiempo Contemporáneo. Buenos Aires, Argentina.
- Fernández González J., González González B.M., Moreno Jiménez T. (2005). La modelización con analogías en los textos de ciencias de secundaria. *Revista*

- Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, año/vol. 2, Número 003, pp430-439.
- Flores Camacho, F., & Gallegos Cazares, L. (1993). Consideraciones sobre la estructura de las teorías científicas y la enseñanza de la ciencia. *Perfiles educativos*, (62), 24-30.
- Furió, C., y Furió, C. (2000). Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación química*, 11(3), 300-308.
- Furió, C. y Domínguez, M. C. (2007a). Deficiencias en la enseñanza habitual de los conceptos macroscópicos de sustancia y de cambio químico/Usual teaching deficiencies when explaining the macroscopic concepts of substance and chemical change. *Journal of Science Education*, 8(2), 84
- Furió, C. y Domínguez, M. C. (2007b). Problemas históricos y dificultades de los estudiantes en la conceptualización de sustancia compuesto químico. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 25(2), 241-258.
- Gagliardi, R. (1986). Los conceptos estructurales en la enseñanza por investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, 4 (1), 30-35.
- Galagovsky, L. R. (1993). Redes conceptuales: base teórica e implicaciones para el proceso de enseñanza-aprendizaje. In *Enseñanza de las Ciencias* (Vol. 11, pp. 301-307).
- Galagovsky, L. R., & Ciliberti, N. (1994). Redes conceptuales: su aplicación como instrumento didáctico en temas de física. In *Enseñanza de las Ciencias*(Vol. 12, pp. 338-349).
- Galagovsky, L. R., & Muñoz, J. C. (2002). La distancia entre aprender palabras y aprehender conceptos: el entramado de palabras-concepto (EPC) como un nuevo instrumento para la investigación. *Enseñanza de las Ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 20(1), 29-46.
- Galagovsky, L., & Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Revista electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 8(3), 952-975.

- García, M. B., & Moro, L. E. (2004). Revisión crítica de los libros de texto de ciencias naturales utilizados en las escuelas de enseñanza general básica. *Educación química*, 15(3), 281-285.
- Garófalo, S. J. (2010). *Análisis de obstáculos en el aprendizaje de metabolismo de hidratos de carbono: Un estudio transversal*. Tesis doctoral no publicada, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Garritz, A. (2007). Química: ¿tiene que ver con sustancias o con procesos? Consultada por última vez en octubre 10, 2016, en la URL <http://andoni.garritz.com/>
- Gensler, W.J. (1970). Physical versus chemical change. *Journal of Chemical Education*, 47, 154-155.
- Gilbert, J. K. y Treagust, D.F. (2009) *Introduction: Macro, Submicro and Symbolic Representations and the Relationship between them: Key Models in Chemical Education*. En Gilbert, J.K. y Treagust, D. (eds.) *Multiple representations in chemical education*. Springer.
- Gilbert, J. K., Boulter, C. J., & Elmer, R. (2000). Positioning models in science education and in design and technology education. In *Developing models in science education* (pp. 3-17). Springer Netherlands.
- Han, J. y Roth, W. M. (2006) Chemical inscriptions in Korean textbooks: semiotics of macro and microworld. *Science Education*, 90, 173 - 201.
- Hernández Silva, Carla, 2011. *Identificación de los indicios de calidad en la transición de los libros de textos de papel hacia los libros digitales: El caso de las Ondas*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals
- Izquierdo Aymerich, M. (2004). Un nuevo enfoque de la enseñanza de la química: contextualizar y modelizar. *Anales de la Asociación Química Argentina*, *Asociación Química Argentina*. 92(4) 115-136.
- Izquierdo, M. (2005). Estructuras retóricas en los libros de ciencias. *TARBIYA, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 11-34.

- Izquierdo, M. (2007). Enseñar ciencias, una nueva ciencia. *Enseñanza de las ciencias sociales: revista de investigación*, (6), 125-138.
- Izquierdo, M., Márquez, C., y Gouvêa, G. (2006). La función retórica de las narraciones experimentales en los libros de ciencias. Presentación de una pauta de análisis. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 6(2).
- Izquierdo, M., Márquez, C. y Gouvea, G. (2008). A proposal for textbook analysis: Rhetorical structure. *Science Education International*, 19 (2), 209-218.
- Izquierdo, M., Sanmartí, N. y Estaña, J. L. (2007). Actividad química escolar: modelización metacognitiva del cambio químico. En *Investigar en la enseñanza de la química. Nuevos horizontes: contextualizar y modelizar*. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Izquierdo-Aymerich, M., y Adúriz-Bravo, A. (2009). Physical construction of the chemical atom: Is it convenient to go all the way back? *Science & Education*, 18(3-4), 443-455.
- Jiménez Valladares, J. y Perales Palacios, F. J. (2001). Aplicación del análisis secuencial al estudio del texto escrito de ilustraciones de los libros de física y química de la ESO. *Enseñanza de las ciencias*, 19 (1), 3-19
- Johnstone, A. H. (1982). Macro- and micro-chemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
- Johnstone, A. H. (1993). The development of chemistry teaching: A changing response to a changing demand. *Journal of Chemical Education*, 70(9), 701-705.
- Jorba, J. (2000). La comunicación y las habilidades cognitivolingüísticas. En Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (eds.). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona: Síntesis.
- Justi, R. (2006). La enseñanza de ciencias basada en la elaboración de modelos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias*

- didácticas*, 24(2), 173-184.
- Justi (2011). Las concepciones de *modelo* de los alumnos, la construcción de modelos y el aprendizaje de las ciencias. En Caamaño, A. (Coord). *Didáctica de la Física y la Química*. Barcelona, Graó.
- 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
- Latorre, A., Del Rincón, D., y Arnal, J. (1996). *Investigación educativa. Fundamentos y metodología*. Labor. Barcelona.
- Lemke J. L. (1997). *Aprender a hablar Ciencia: Lenguaje. Aprendizaje y valores*. Paidós, Buenos Aires, Argentina.
- Lemke, J. (1998). Multiplying meanings: Visual and verbal semiotics in scientific text. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.), *Reading science: Critical and functional perspectives on discourse of science* (pp. 87–113). London: Routledge.
- Lemke, J. L. (2006). Investigar para el futuro de la educación científica: nuevas formas de aprender, nuevas formas de vivir. *Enseñanza de las Ciencias*, 24(1), 5-12.
- López-Valentín, D. M. y Furió-Más, C. (2013). Diseño de una secuencia de enseñanza para introducir el concepto de elemento químico en la educación secundaria. *IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias*. Girona, 1997-2001.
- Martínez Bonafé, J. (2008). Los libros de texto como práctica discursiva. *Revista de la Asociación de Sociología de la Educación*, 1 (1), 62-73.
- Martínez, A., Valdés, J., Talanquer, V., & Chamizo, J. A. (2012). Estructura de la materia: de saberes y pensares. *Educación Química*, 23(3), 361-369.
- Martins, I. y Brigas, M.A. (2005). Libros de texto de Química y aprendizaje de los alumnos: pensamiento y prácticas del profesorado. *TARBIYA, Revista de Investigación e Innovación Educativa*, 36, 11-34.
- Marzábal Blancafort, A. (2010). *Anàlisi del llibre de text de química com a discurs*

- didáctic multimodal*. Tesis Doctoral no publicada, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals
- Marzábal Blancafort, A. (2012). Las actividades de los libros de texto de química para la teoría corpuscular y su contribución a la evolución de los modelos explicativos. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 38(1), 181-196.
- Marzábal Blancafort, A. e Izquierdo, M. (2013) "Análisis de libros de texto de química como discurso didáctico". IX Congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias. Girona, 2203-2208.
- Marzábal, A. (2014) *La comprensibilidad del discurso químico en los textos escolares de ciencias*. En Merino, Arellano y Adúriz Bravo (eds). *Avances en didáctica de la química: Modelos y lenguajes*.
- Merino Rubilar, C. (2009). *Aportes a la caracterización del "Modelo Cambio Químico escolar"*. Tesis doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals
- Merino Rubilar, C. e Izquierdo, M (2011). Aportes a la modelización según el cambio químico. *Educación química*, 22(3), 212-223.
- Ministerio de Educación (2007). *Ley de Educación Nacional*. Disponible en [http://www.me.gov.ar/doc/pdf/ley\\_de\\_educ\\_nac.pdf](http://www.me.gov.ar/doc/pdf/ley_de_educ_nac.pdf). (fecha de consulta: 30 de enero de 2017)
- Ministerio de Educación de la Provincia de Santa Fe. (2014). *Diseño Curricular de Educación Secundaria Orientada*. Santa Fe, Argentina.
- Ministerio de Educación. (2011). *Núcleos de Aprendizaje Prioritarios. Ciencias Naturales. Ciclo Básico. Educación secundaria*. Buenos Aires, Argentina.
- Muspratt, S. y Freebody, P. (2013) *Understanding the Disciplines of Science: Analysing the Language of Science Textbooks*. En M.S. Khine (ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness*, Springer Science+Business Media B.V.
- Niaz, M. (2005). ¿Por qué los textos de química general no cambian y siguen una"

- retórica de conclusiones"? *Educación química*, 16(3), 410-415.
- Niaz, M. y Coştu, B., 2013. Analysis of Turkish General Chemistry Textbooks Based on a History and Philosophy of Science Perspective. En M.S. Khine (ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness*, Springer Science+Business Media B.V.
- Orgill, M.K. (2013) How Effective Is the Use of Analogies in Science Textbooks?. En M.S. Khine (ed.), *Critical Analysis of Science Textbooks: Evaluating instructional effectiveness*, Springer Science+Business Media B.V.
- Paivio, A. y Clark, J. M. (1991) Dual Coding Theory and Education. *Educational Psychology Review*, Vol 3 (3), 149-210.
- Palmer, B., & Treagust, D. F. (1996). Physical and chemical change in textbooks: An initial view. *Research in Science Education*, 26(1), 129-140.
- Partington, J. R. (1945). *Historia de la Química*. Espasa, Calpe Argentina, S.A., Buenos Aires, Argentina.
- Perales Palacios, F. J. (2006). Pasado, presente y ¿futuro? de los libros de texto. *Alambique*, 48, 57-63
- Perales Palacios, F. J., y Jiménez Valladares, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), 369-386.
- Pérez Serrano, G. (2003). Investigación Cualitativa. Métodos y Técnicas. Fundación Universidad a distancia Hernandarias. Editorial Docencia, Buenos Aires.
- Pozzer, L. L., y Roth, W. M. (2002). Towards a pedagogy of photographs in high school biology textbooks. In *annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching*, New Orleans, LA.
- Prat, A. (2000). Habilidades cognitivolingüísticas y tipologías textuales. En Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (eds.). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona: Síntesis.

- Prat, A. e Izquierdo, M. (2000) Función del texto escrito en la construcción de conocimiento y en el desarrollo de habilidades. En Jorba, J., Gómez, I. y Prat, A. (eds.). *Hablar y escribir para aprender. Uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Barcelona: Síntesis.
- Raviolo, A. (2008). Las definiciones de conceptos químicos básicos en textos de secundaria. *Educación química*, 19(4).
- Raviolo, A., Garritz, A., Sosa, P. (2011). Sustancia y reacción química como conceptos centrales en química. Una discusión conceptual, histórica y didáctica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8 (3), 240-254.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). Science education now. *A renewed pedagogy for the future of Europe*. Brussels: European Commission.
- Rodríguez Gómez, G., Gil Flores, J. y García Jiménez, E. (1996). Metodología de la investigación cualitativa. Aljibe. Málaga.
- Schummer, J (1998) The Chemical Core of Chemistry I. A Conceptual Approach - *HYLE – An International Journal for the Philosophy of Chemistry*, Vol. 4 (1998), 129-162.
- Schummer, J. (2004) Substances versus reactions, *HYLE International Journal for Philosophy of Chemistry*, 10(1), 3-4.
- Solarte, M. C. (2006). Los conceptos científicos presentados en los textos escolares: son consecuencia de la transposición didáctica. *Revista ieRed: Revista electrónica de la Red de Investigación Educativa*, 1(4), 2.
- Solaz-Portolés, J. J. y Moreno Cabo, M. (2009) *Algunas pautas y consideraciones para aprender de un texto educativo de ciencias*. Disponible en <http://www.eumed.net/libros/2008c/467/index.htm> (fecha de consulta: 12 de octubre de 2016)
- Solsona Pairó, N. e Izquierdo Aymerich, M. (1999). El aprendizaje del concepto de cambio químico en el alumnado de secundaria. *Investigación en la escuela*, 38, 65-75.

Thagard (1992). *Conceptual revolutions*. Princeton University Press . Princeton, New Jersey.

Tsarpalis, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection?. *Chemistry Education Research and Practice*, 4(1), 31-43.

Van Brakel, J. (1997). Chemistry as the science of the transformation of Substances, *Synthese* 111, 253–282.

Van Dijk Teun, A. (1978). *La ciencia del texto*. Paidós.

## 8. ANEXOS

En el ANEXO 1 se presentan los datos primarios recogidos del libro de texto 1 (LDT-1).


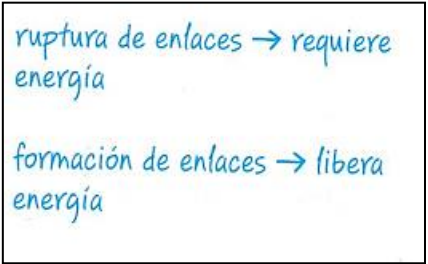
En el ANEXO 2 se presentan los datos primarios recogidos del libro de texto 2 (LDT-2)

**ANEXO 1**  
**Registro de datos primarios – LIBRO DE TEXTO 1**

Tabla 5. Registro de datos primarios para LDT-1

LDT - 1			
IDEA CENTRAL	REPRESENTACIONES PROPOSICIONALES LITERALES		INSCRIPCIONES
	DEFINICIONES, DESCRIPCIONES, EXPLICACIONES, ETC.	EJEMPLOS	
<p><b>1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p><i>“En algunos cambios las <b>sustancias</b> que forman los <b>materiales</b> se conservan.... A este tipo de cambios en los que los <b>materiales</b> se conservan los denominamos <b>cambios físicos</b>...”</i></p> <p><i>“...En otros tipos de cambio, los <b>materiales</b> se transforman...A este tipo de cambios en los que se transforman los <b>materiales</b> los llamamos <b>cambios químicos</b>”</i></p> <p><i>“Como vimos al comienzo de la unidad, ya desde la época de Dalton un cambio o reacción química fue interpretado como un acomodamiento de átomos.</i></p> <p><i>Cuando unas <b>sustancias</b> dan origen a otras, se rompen y se forman enlaces entre átomos e/ o iones...”</i></p> <p><i>“...una reacción química se produce cuando se rompen algunos enlaces (entre átomos o iones) y se forman otros, dando lugar a la aparición de nuevas sustancias”.</i></p>	<p>No presenta</p>	<p>The 'INSCRIPCIONES' column contains three handwritten diagrams in blue ink. The first diagram shows 'cambio físico' with a downward arrow pointing to 'las sustancias no cambian'. The second diagram shows 'cambio químico' with a downward arrow pointing to 'las sustancias se transforman'. The third diagram shows 'reacción química' with three arrows pointing to 'reordenamiento de átomos', 'ruptura y formación de enlaces', and 'aparición de nuevas sustancias'.</p>

<p><b>2. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.</b></p>	<p>“Reacciones de identificación de sustancias. Cuando los químicos quieren reconocer la presencia de una determinada sustancia utiliza reactivos, esto es, sustancias que al ponerse en contacto con la que quieren detectar, originan cambios característicos, rápidos y fáciles de visualizar.”</p>	<p>“Reconocimiento de vitamina C: ... Podemos reconocer su presencia con un reactivo, por ejemplo, la tintura de iodo, o alcohol iodado, que es un líquido de color marrón rojizo. En presencia de vitamina C se decolora, porque el yodo reacciona con la vitamina C y da origen a un producto incoloro.”</p>	<p><b>No presenta.</b></p>
<p><b>3. LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p>No presenta</p>	<p>1. ...si se oxida en clavo de hierro, deja de tener la dureza y el color originales...                  2. ...Al quemar unas ramas de árbol, su combustión liberará energía en forma de calor y luz...                  3. ...Una bicicleta queda a la intemperie y sus partes de hierro se oxidan y dejan de tener la dureza y el color de los materiales originales.</p>	<p><b>No presenta</b></p>

<p><b>4. EL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR EXPLICA LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p>“... ya desde la época de Dalton un cambio o reacción química fue interpretado como un reacomodamiento de átomos. Cuando unas sustancias dan origen a otras, se rompen y se forman enlaces entre átomos e/ o iones, se produce una reestructuración de enlaces.”                  “...una reacción química se produce cuando se rompen algunos enlaces (entre átomos o iones) y se forman otros, dando lugar a la aparición de nuevas sustancias”.</p>	<p>No presenta</p>	 <p>reacción química</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>reordenamiento de átomos</li> <li>ruptura y formación de enlaces</li> <li>aparición de nuevas sustancias</li> </ul>
<p><b>5. LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.</b></p>	<p>“...una reacción química se produce cuando se rompen algunos enlaces (entre átomos o iones) y se forman otros, dando lugar a la aparición de nuevas sustancias. Según este modelo que sustentan para explicar la existencia de reacciones endotérmicas y exotérmicas, tanto en la ruptura como en la formación de enlaces hay <b>transferencia de energía entre el sistema en el que se produce la reacción y el medio que lo rodea (entorno)</b>. Para romper enlaces se necesita energía, mientras que cuando se forman enlaces se libera energía. La cantidad de energía necesaria para romper enlaces depende de qué enlaces se rompen y cuántos. Del mismo modo, la cantidad de energía que se libera depende de cuáles son los enlaces que se forman y cuántos.                  Del balance entre la energía absorbida por el sistema y la energía liberada, surge que la</p>	<p>“Cuando se produce la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno presente en el agua oxigenada, se libera energía en forma de calor. Esto se puede detectar por el aumento de temperatura en su entorno. Se trata de una reacción exotérmica.”                  “Existen envases que pueden calentar o enfriar su contenido mediante la transferencia de energía que se produce cuando ocurre un cambio físico o químico”                  “Si estas transferencias de energía son lo</p>	<p><math>2\text{H}_2\text{O} (\text{ac}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g})</math></p>  <p>ruptura de enlaces → requiere energía                  formación de enlaces → libera energía</p>

reacción sea exotérmica o endotérmica:

- Si la energía absorbida por el sistema es mayor que la liberada, el sistema final tendrá más energía interna que el sistema inicial, y la reacción será endotérmica.
- Si la cantidad de energía que libera el sistema es mayor que la que absorbe, el sistema final tendrá menos energía que el sistema inicial, y la reacción será exotérmica.”

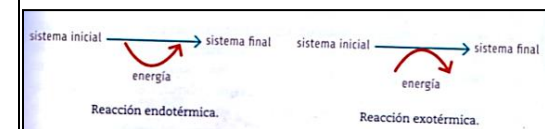
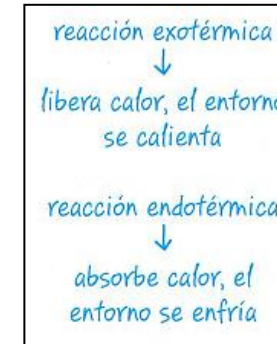
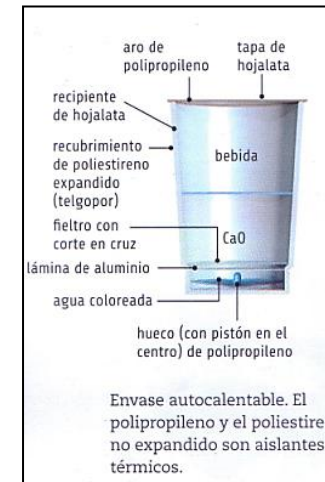
“..en los procesos exotérmicos se desprende calor y, entonces, el entorno se calienta. En cambio, los procesos endotérmicos requieren energía en forma de calor y, por eso, el entorno se enfría.”

suficientemente intensas, es posible calentar o enfriar una bebida o un alimento.”

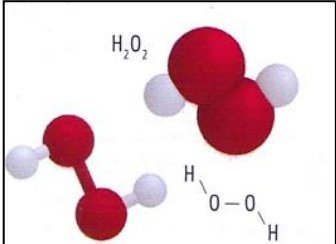

“... se desarrollaron envases autocalentables...”



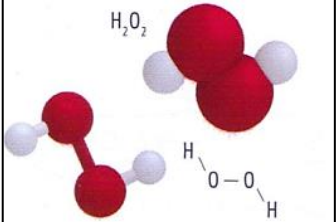
“...Algunos de estos envases se basan en el calentamiento de producido por la disolución de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en agua. En otros, se aprovecha la el calor que desprende la reacción entre el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), que origina hidróxido de calcio ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ). El funcionamiento de los envases autoenfriables es similar, pero se emplean como reactivos agua y nitrato de amonio ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).”

“Algunos botiquines incluyen bolsas que se usan para preparar compresas instantáneas frías o calientes...”





<p><b>8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS REACTIVOS, ASÍ COMO DE LA TEMPERATURA, PRESIÓN, CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS, CATALIZADORES.</b></p>	<p>No presenta</p>	<p><i>“El peróxido de hidrógeno se transforma de manera espontánea en agua (líquida) y oxígeno (gaseoso).”</i></p> <p><i>“Cuando aplicamos agua oxigenada sobre una herida, entra en contacto con la sangre, que contiene una sustancia, la catalasa, que actúa como catalizador, favoreciendo la rápida descomposición del peróxido de hidrógeno y la liberación de oxígeno...”</i></p> <p><i>“Como la reacción de descomposición del peróxido de hidrógeno es espontánea, los envases de agua oxigenada deben estar muy bien tapados. Además, deben ser opacos, porque la luz acelera esta descomposición”</i></p>	<p><math>2\text{H}_2\text{O}_2 (\text{ac}) \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} (\text{l}) + \text{O}_2 (\text{g})</math></p> <div data-bbox="1482 354 1816 762" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>Modelos moleculares y fórmula molecular y desarrollada del peróxido de hidrógeno.</p> </div> <div data-bbox="1532 804 1771 1209" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  <p>El agua oxigenada que se usa como desinfectante es la de 10 volúmenes (aproximadamente 3% m/m).</p> </div>
--	--------------------	--	--

<p><b>9. LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.</b></p>	<p><i>"Existen diversos tipos de reacciones químicas.</i></p>	<p><b>Los ejemplos de tipos de reacciones químicas se desarrollan a continuación.</b></p>	<p><b>No presenta</b></p>
	<p><i>Uno de ellos es el que corresponde a la <u>reacción de síntesis</u>, una reacción entre dos o más sustancias simples para dar una sustancia compuesta."</i></p>	<p><i>"Un ejemplo es la reacción entre el magnesio (Mg) y el oxígeno (O<sub>2</sub>) para dar óxido de magnesio (MgO)."</i>  <i>"Esta reacción (reacción entre magnesio y oxígeno para dar óxido de magnesio) es la que se producía en los flashes fotográficos del siglo pasado, para producir una luz artificial muy intensa y de corta duración."</i></p>	<p><math>2Mg(s) + O_2(g) \rightarrow 2MgO(s)</math></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="1435 427 1666 719">  <p>Cuando el Mg reacciona con el O<sub>2</sub> origina una luz blanca muy intensa y queda un sólido blanco.</p> </div> <div data-bbox="1695 427 1906 719">  <p>Los primeros flashes contenían magnesio en polvo. Luego fue sustituido por un alambre de magnesio en un ambiente de oxígeno.</p> </div> </div>
	<p><i>"...En esta reacción una única sustancia dio origen a más de una, en este caso, dos. Decimos que se trata de una <u>reacción de descomposición</u>."</i></p>	<p><i>"El peróxido de hidrógeno se transforma de manera espontánea en agua (líquida) y oxígeno (gaseoso).</i></p>	<p><math>2H_2O_2(ac) \rightarrow 2H_2O(l) + O_2(g)</math></p> <div data-bbox="1505 882 1839 1294">  <p>Modelos moleculares y fórmula molecular y desarrollada del peróxido de hidrógeno.</p> </div>

			 <p>El agua oxigenada que se usa como desinfectante es la de 10 volúmenes (aproximadamente 3% m/m).</p>
	<p>“...Este tipo de reacción en la cual se produce transferencia de electrones, se denomina <u>reacción de óxido-reducción</u>. Se llama oxidación al proceso en el cual se ceden uno o más electrones, y reducción al proceso por el cual se captan uno o más electrones. Siempre que una entidad química (átomo, ión, molécula) cede electrones, simultáneamente hay otra que los acepta; por eso el nombre de reacción de óxido-reducción o reacción rédox.”</p>	<p>“Reacción entre el oxígeno y el magnesio. Los átomos de magnesio de la cinta metálica pasan a formar el óxido de magnesio. Lo mismo ocurre con los átomos de oxígeno presentes en las moléculas del gas. El óxido está formado por cationes magnesio (Mg<sup>2+</sup>) y aniones oxígeno (O<sup>2-</sup>).”</p>	$2\text{Mg}(s) + \text{O}_2(g) \rightarrow 2\text{MgO}(s)$ <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center;">átomo recibe electrones ↓ anión (ion negativo)</p> <p style="text-align: center;">átomo cede electrones ↓ catión (ion positivo)</p> </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 5px 0;"> <p style="text-align: center;">oxidación → cesión de electrones reducción → captación de electrones</p> </div>

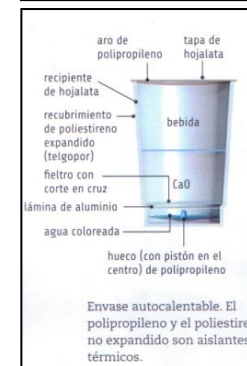
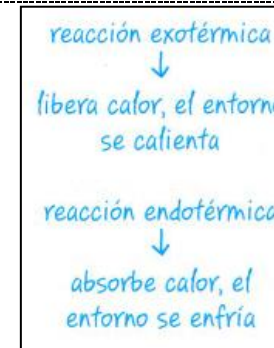
“Reacciones de reconocimiento de sustancias:  
 Cuando los químicos quieren reconocer la presencia de una determinada sustancia utilizan reactivos, esto es, sustancias que al ponerse en contacto con la que quieren detectar, originan cambios característicos rápidos y fáciles de visualizar.”

“Reconocimiento de vitamina C... Podemos reconocer su presencia con un reactivo, por ejemplo, la tintura de yodo, o alcohol yodado, que es un líquido de color marrón rojizo. En presencia de vitamina C se decolora, porque el yodo reacciona con la vitamina C y da origen a un producto incoloro.”

No presenta

“Reacciones para calentar y enfriar... en los procesos exotérmicos se desprende calor y, entonces, el entorno se calienta. En cambio, los procesos endotérmicos requieren energía en forma de calor y, por eso, el entorno se enfría.”

“Existen envases que pueden calentar o enfriar su contenido mediante la transferencia de energía que se produce cuando ocurre un cambio físico o químico”  
 “Si estas transferencias de energía son lo suficientemente intensas, es posible calentar o enfriar una bebida o un alimento.”  
 “... se desarrollaron envases autocalentables...”  
 “...Algunos de estos envases se basan en el calentamiento de producido por la disolución de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ) en agua. En otros, se aprovecha la el calor que desprende la reacción entre el agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) y el óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ), que origina hidróxido de calcio ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). El funcionamiento



	<p><i>de los envases autoenfriables es similar, pero se emplean como reactivos agua y nitrato de amonio (<math>NH_4NO_3</math>)."</i></p> <p><i>"Algunos botiquines incluyen bolsas que se usan para preparar compresas instantáneas frías o calientes..."</i></p>	
--	--	--

**ANEXO 2**  
**Registro de datos primarios – LDT -2**

Tabla 6. Registro de datos para LDT-2

LDT - 2			
IDEA BÁSICA	REPRESENTACIONES PROPOSICIONALES LITERALES		INSCRIPCIONES
	DEFINICIONES, DESCRIPCIONES, EXPLICACIONES, ETC.	EJEMPLOS	
<p><b>1. LOS CQ IMPLICAN FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p><i>“Cuando ocurre un cambio físico en la materia no varía la naturaleza de las sustancias; tampoco se originan sustancias nuevas, sino que solo cambia la forma o el estado de agregación de ellas.</i></p>	<p><i>“Ejemplos de estas transformaciones son los cambios de estado (sólido&lt;-&gt; líquido&lt;-&gt; gaseoso.”</i></p> <p><i>“¿Cuál es la diferencia entre el agua líquida y el agua gaseosa? Es la misma sustancia en ambos estados y se representa mediante la fórmula molecular H<sub>2</sub>O: una molécula de agua con dos átomo de hidrogeno (H) y uno de oxígeno (O). La diferencia entre el agua líquida y el agua gaseosa está en la separación de las moléculas. En el gas las moléculas se hallan más separadas que en el líquido, ya que las fuerzas de atracción entre ellas fueron vencidas por el incremento de energía.”</i></p>	<p>El diagrama muestra un flujo de información sobre las transformaciones de la materia. Comienza con 'MATERIA' que ocurren 'TRANSFORMACIONES que pueden ser' físicas y químicas. Las físicas se caracterizan por conservar la naturaleza de las sustancias, con ejemplos como cambios de estado, procesos de disolución y formación de mezclas. Las químicas se reconocen por modificar la naturaleza de las sustancias, con ejemplos como combustión, oxidación y eferescencia. Se incluyen también ejemplos de cambios físicos como cambio de color, formación de precipitados, desprendimiento de gases y cambios en la temperatura.</p>

*“Cuando se produce un cambio químico, una o más sustancias se transforman en otra u otras sustancias que poseen propiedades diferentes a las de las sustancias iniciales, es decir, se modifica la composición de la materia.”*

*“Por ejemplo si se hace circular una corriente eléctrica en agua líquida, se logra separar los átomos de hidrógeno y oxígeno; de este modo, se obtienen moléculas de hidrógeno gaseoso y moléculas de oxígeno gaseoso, dos sustancias muy diferentes al agua.”*

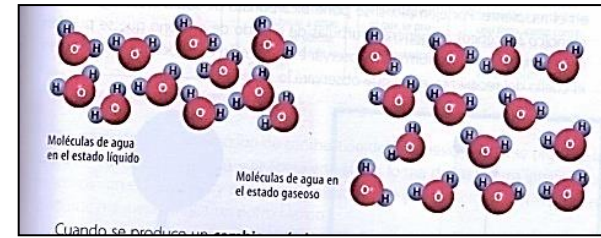
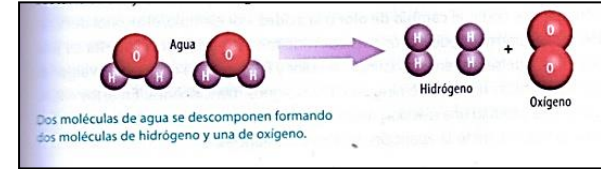
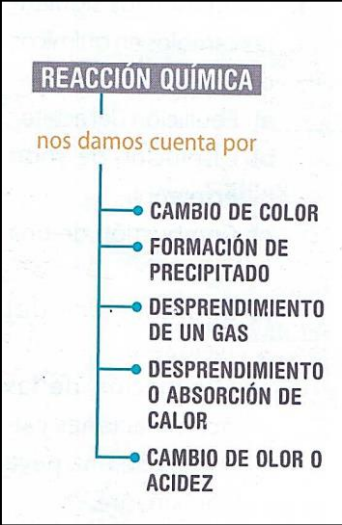
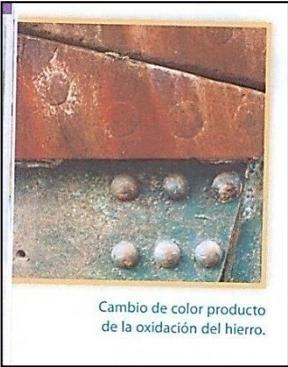
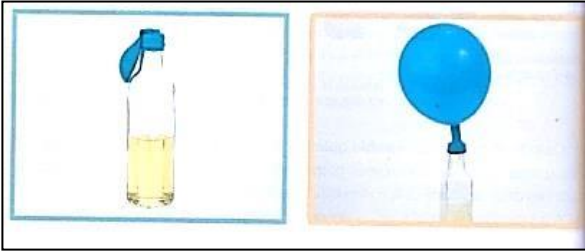
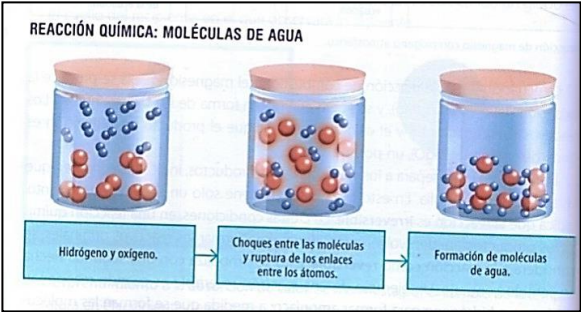


Diagrama que muestra la disolución de cloruro de sodio en agua. Se muestran moléculas de agua (H<sub>2</sub>O) y iones de cloruro (Cl<sup>-</sup>) y sodio (Na<sup>+</sup>). El texto indica: "Si disolvemos cloruro de sodio en agua obtenemos una solución. Sin embargo, podemos volver a obtener ambas sustancias por separado. ¿Qué método de separación utilizarían? ¿Qué tipo de cambio es la disolución?"

<b>2. LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS SE RECONOCE MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN Y DIFERENCIACIÓN DE REACTIVOS Y PRODUCTOS, A TRAVÉS SUS PROPIEDADES ESPECÍFICAS.</b>	<i>“Cuando se produce un cambio químico, una o más sustancias se transforman en otra u otras sustancias que poseen propiedades diferentes a las de las sustancias iniciales, es decir, se modifica la composición de la materia.” “...en algunas reacciones químicas no aparece ninguno de los signos mencionados. En estos casos, para saber si se produjo una reacción química, es necesario recurrir a un análisis químico de la mezcla que detecte la aparición de nuevas sustancias.”</i>	<b>No presenta</b>	<b>No presenta</b>
---	--	--------------------	--------------------

<p><b>3. LOS CAMBIOS PERCEPTIBLES DURANTE LOS CQ (PROPIEDADES Y/O ENERGÍA) SE EXPLICAN MEDIANTE LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS CON DIFERENTES PROPIEDADES Y ENERGÍA POTENCIAL INTERNA DE LAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p><i>“Ya sabemos que las reacciones químicas existen, pero ¿cómo evidenciarlas? Cuando se mezclan dos sustancias, en muchos casos no ocurre una reacción química. Estas mantienen su composición y propiedades originales. Se necesita entonces una evidencia experimental para poder afirmar que ha ocurrido una reacción química...” “...en algunas reacciones químicas no aparece ninguno de los signos mencionados”</i></p>	<p><i>“Por ejemplo, un cambio de color, la formación de un precipitado, el desprendimiento de un gas en forma de burbujeo en una disolución, cambios de temperatura.”</i></p>	 <p><b>REACCIÓN QUÍMICA</b>          nos damos cuenta por</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● CAMBIO DE COLOR</li> <li>● FORMACIÓN DE PRECIPITADO</li> <li>● DESPRENDIMIENTO DE UN GAS</li> <li>● DESPRENDIMIENTO O ABSORCIÓN DE CALOR</li> <li>● CAMBIO DE OLORES O ACIDEZ</li> </ul>
	<p><i>“Cambio de color: se produce por la formación de una o varias sustancias nuevas...”</i></p>	<p><i>“...la oxidación del hierro produce una sustancia rojiza, el óxido de hierro.”</i></p>	 <p>Cambio de color producto de la oxidación del hierro.</p>

	<p><b>“Formación de un sólido o precipitado:</b> se produce al mezclar dos sustancias; aparece un sólido que decanta o precipita al fondo del recipiente, llamado precipitado...”</p>	<p>“...si se hace burbujear dióxido de carbono en agua de cal aparece un sólido blanco llamado carbonato de calcio.”</p>	<p>No presenta</p>
	<p><b>“Desprendimiento de un gas:</b> se puede detectar por el burbujeo que se produce en el recipiente...”</p>	<p>“...si se pone bicarbonato de sodio en vinagre (ácido etanoico o acético), se generan burbujas de dióxido de carbono que se pueden ver a simple vista. Otra forma de observar esta reacción es colocando un globo en el cuello del recipiente...”</p>	
	<p><b>“Desprendimiento o absorción de calor:</b> se manifiesta por el cambio de temperatura en el recipiente de reacción. Al combinar determinadas sustancias se puede producir la liberación o la absorción de calor. Si al combinar dos sustancias que se hallan a temperatura ambiente en un tubo de ensayo, este se calienta (sin haber usado un mechero) ello indica la presencia de una reacción química....”</p>	<p>“...si se coloca un trozo de sodio en agua se desprende calor.”</p>	<p>No presenta</p>

	<p>“Además, existen otros cambios que son evidencia de que se ha producido una reacción química, como el <b>cambio de olor o la acidez.</b>”</p>	<p>“...el alcohol del vino (etanol) se transforma mediante una reacción química en ácido acético, esta es una reacción en la que se evidencia el cambio de olor y la acidez.”</p>	<p>No presenta</p>
<p><b>4. EL MODELO ATÓMICO-MOLECULAR EXPLICA LA FORMACIÓN DE NUEVAS SUSTANCIAS.</b></p>	<p>“Si se quisiera observar qué sucede con los átomos de las sustancias durante un cambio químico, se necesitaría un microscopio que ampliase cien millones de veces su tamaño. Como en la actualidad no existe un microscopio con tanto poder de aumento, es necesario recurrir al modelo de partículas para interpretar qué sucede durante estas transformaciones.”</p> <p>“Los choques que se produzcan entre las partículas tienen que provocar la ruptura de los enlaces entre átomos, es decir, los átomos que las forman se tienen que separar para poder reagruparse y unirse de manera diferente. Entonces, cuando se produce una reacción química, los átomos de los reactivos se separan y se reagrupan de manera diferente, formándose así nuevas sustancias.”</p>	<p>“Veamos ahora cómo las sustancias hidrógeno y oxígeno reaccionan para obtener agua...”</p> <p>“...El hidrógeno (<math>H_2</math>) y el oxígeno (<math>O_2</math>) son gases a temperatura ambiente. Están formados por moléculas que contienen dos átomos del mismo elemento unidos entre sí. Dadas las condiciones necesarias, si los gases se mezclan, los átomos que forman las moléculas de cada uno se separan y, cuando se acercan lo suficiente, se vuelven a unir pero de manera diferente: dos átomos de hidrógeno con uno de oxígeno. Cada una de estas nuevas uniones forma una molécula de agua (<math>H_2O</math>).”</p>	 <p>REACCIÓN QUÍMICA: MOLÉCULAS DE AGUA</p> <p>Hidrógeno y oxígeno. → Choques entre las moléculas y ruptura de los enlaces entre los átomos. → Formación de moléculas de agua.</p>

**5. LA TRANSFERENCIA DE ENERGÍA ENTRE SISTEMA Y ENTORNO SE EXPLICA MEDIANTE LA ENERGÍA EN LOS ENLACES QUÍMICOS.**

*“En una reacción química no solo desaparecen algunas sustancias y se forman otras, sino que suceden intercambios de energía con el medio.”*

*“Cada sustancia química constituye una reserva de energía potencial, que depende del tipo de átomos que conforman la sustancia y de los enlaces existentes entre ellos. Cuanto más fuerte es el enlace, mayor es la energía que contiene. Como sabemos, en una reacción se rompen los enlaces de los reactivos y se forman nuevos enlaces en los productos. ¿Cómo se vincula la energía en esto? Para romper un enlace se necesita energía, y al formarse un enlace se libera energía, es decir, en todas las reacciones químicas participa la energía.”*

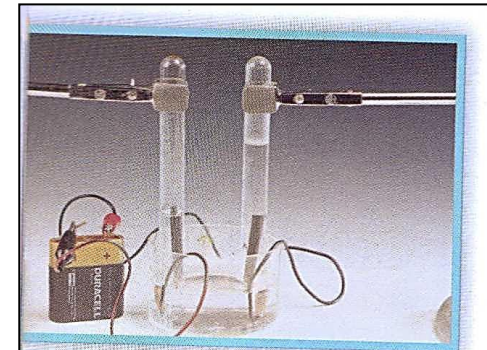
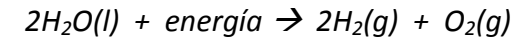
*“Si la energía de los reactivos es mayor que la de los productos, la reacción que se produce libera energía y se denomina exergónica. La energía desprendida se puede manifestar produciendo calor,*

*“La siguiente ecuación representa la formación de agua a partir de hidrógeno y oxígeno gaseosos...”*

*Esta reacción es exergónica, aunque para su inicio requiere que se aplique una chispa y se inflame el hidrógeno; es decir, necesita una energía de activación, que estudiaremos en la próxima página.”*

*“En cambio, la descomposición del agua en hidrógeno y oxígeno se puede realizar mediante electrólisis, proceso que requiere aplicar una corriente eléctrica (energía). La ecuación es la siguiente...”*

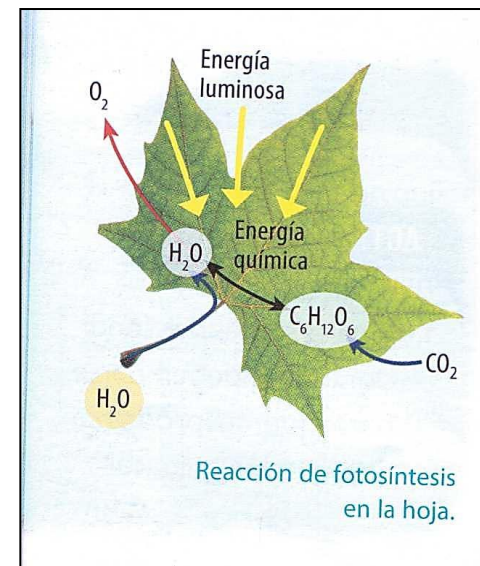
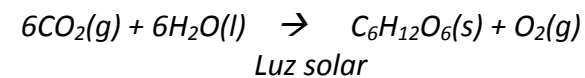
*Esta ecuación indica que la descomposición del agua es un proceso endergónico, ya que se requiere aplicar energía para que ocurra la reacción.”*



Observen en esta foto de descomposición de agua por electrólisis, los tubos de ensayo invertidos. ¿En qué tubo hay hidrógeno?  
 ¿En cuál oxígeno?

energía eléctrica u originando luz. Si la energía de los reactivos es menor que la de los productos, la reacción ocurre solo si se le suministra energía a los reactivos. En este caso, se denomina endergónica, la energía se puede suministrar mediante calor, luz o energía eléctrica. Como en muchas reacciones químicas se produce calor o se absorbe calor, para referirnos a ellas se utilizan los términos de reacciones exotérmicas y reacciones endotérmicas respectivamente.”

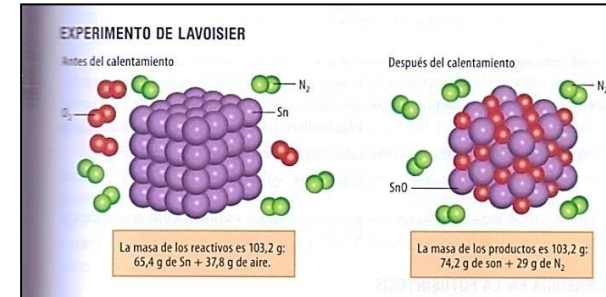
“La fotosíntesis es un proceso mediante el cual las plantas elaboran su alimento...como sucede solo en presencia de energía lumínica, es clasificada como una reacción endergónica...consta de muchas reacciones químicas sucesivas, pero se puede representar en forma simple con la siguiente ecuación:



**6. LA CONSERVACIÓN DE LA MASA SE EXPLICA CON LA CONSERVACIÓN DE ÁTOMOS y ELEMENTOS.**

*“Tanto en los cambios físicos como en los químicos se conserva la masa...  
 ...Lavoisier formuló la ley de conservación de la masa: “la masa total de las sustancias presentes antes de una reacción química es la misma que la masa de las sustancias después de la reacción”.  
 “La ley de conservación de la masa explica por qué un cambio químico es tan solo una reordenación de átomos, ya que los átomos no se crean ni se destruyen. Los átomos constituyen unidades inalterables en los cambios químicos.”*

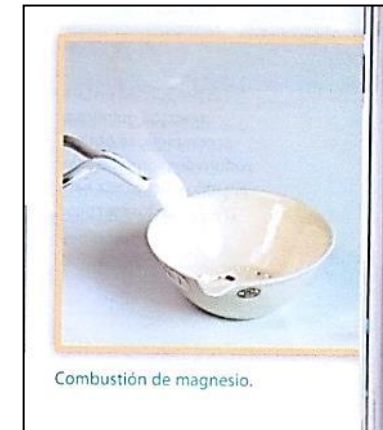
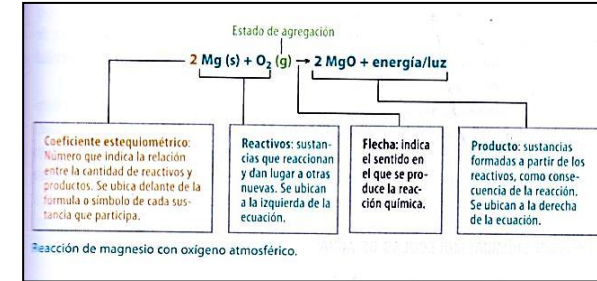
*Lavoisier...comprobó que al calentar un metal en un recipiente cerrado, la disminución de masa del aire del recipiente era igual al aumento de la masa del metal que se oxidaba. Por ejemplo, calentó en un tubo cerrado de vidrio una muestra de estaño (Sn) y aire (N<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>), y encontró los siguientes resultados (imagen)... Lavoisier determinó que la masa total antes del calentamiento era la misma que la masa después de calentar. Al producto obtenido lo llamó “estaño calentado”, y corresponde a lo que hoy conocemos como óxido de estaño (SnO).*



**7. LOS CQ SE REPRESENTAN CON ECUACIONES QUÍMICAS.**

“Las reacciones químicas se representan con ecuaciones química, las que relacionan las cantidades de reactivos que corresponden a las sustancias que reaccionan, con los productos, que son las sustancias que se generan. Los átomos y compuestos que participan en una reacción química se representan por sus símbolos y fórmulas químicas respectivamente, agregando además el estado de agregación de los reactivos y productos: sólido (s), líquido (l), gaseoso (g). Para las sustancias disueltas en agua se utiliza la abreviación (ac)... La ecuación química debe estar balanceada, es decir, tiene que haber el mismo número de átomos a ambos lados de ella, pues debe cumplir la ley de conservación de la masa, que veremos más adelante. Para lograr el equilibrio se agregan los llamados coeficientes estequiométricos delante de la fórmula o símbolo de cada sustancia que participa.”

“Analicemos la ecuación química que representa lo que sucede cuando se enciende una cinta de magnesio (Mg) en presencia de aire”.



<p><b>8. LOS CQ OCURREN A VELOCIDADES VARIABLES. LA VELOCIDAD DE REACCIÓN DEPENDE DE LA COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LOS REACTIVOS, ASÍ COMO DE LA TEMPERATURA, PRESIÓN, CONCENTRACIÓN DE REACTIVOS, CATALIZADORES.</b></p>	<p><i>“Las partículas que forman los reactivos tienen que tener la posibilidad de chocar entre sí, por eso a veces es necesario que las sustancias que reaccionan se hallen en estado líquido o gaseoso, o bien disueltas en agua.”</i></p> <p><i>“Las reacciones químicas necesitan un mínimo de energía para ocurrir. A la energía mínima que se debe entregar para que ocurra una reacción química se la llama energía de activación. Si solo ponemos en un recipiente los reactivos pero no entregamos energía al sistema, obtendremos simplemente una mezcla de sustancias. Para que la reacción entre ellas se produzca, se necesita energía. Además aquellas reacciones que requieren una energía de activación elevada se desarrollan más rápidamente que las reacciones con una energía de activación menor.</i></p> <p><i>Sin embargo, en muchos casos, las reacciones químicas comienzan espontáneamente al poner en contacto los reactivos. Esto ocurre porque la temperatura del ambiente es suficiente para aportar la energía de activación. La energía de activación se requiere tanto para las reacciones</i></p>	<p><i>Observemos con atención la siguiente imagen que muestra la reacción de formación del yoduro de hidrógeno HI (g) a partir de yodo I<sub>2</sub> (g) e hidrógeno H<sub>2</sub> (g). Aquí se indica que debe existir una orientación adecuada para que el choque sea efectivo y se formen los productos.</i></p> <p><i>Ejemplo de Energía de activación:” la chispa necesaria para que el hidrógeno reaccione con el oxígeno”</i></p>	<div data-bbox="1429 276 1910 651" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1451 667 1771 799" data-label="Caption"> <p>Algunas reacciones con desprendimiento de gases se realizan con tanta rapidez que resultan explosivas.</p> </div>
--	--	--	---

endergónicas como para las exergónicas.

Sobre la base de la teoría de las colisiones, para que ocurra una reacción química es necesario que existan choques entre las moléculas de los reactivos que den origen a los productos.

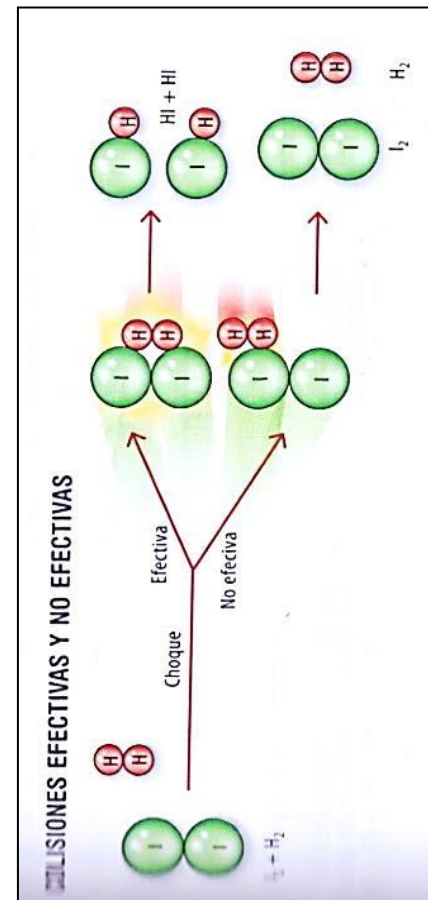
“...las colisiones deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las moléculas de reactivos deben poseer la energía mínima requerida para que pueda ocurrir el rompimiento de los enlaces, un reordenamiento de los átomos y luego la formación de los productos. Esta es la llamada energía de activación y si no se dispone de ella, las moléculas rebotarán sin formar los productos.

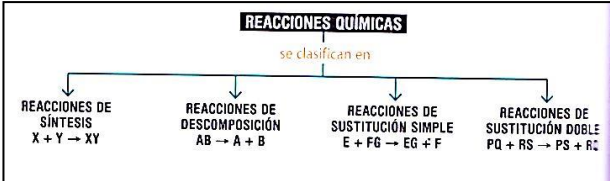
- Los choques entre las moléculas deben efectuarse con una determinada orientación para que ocurra la reacción, porque la posición en la que colisionan los átomos determinará si es posible la formación de nuevos enlaces.


Si el choque entre las moléculas cumple con estas condiciones, se dice que las colisiones son efectivas y se forman productos.

Cabe destacar que no todas las

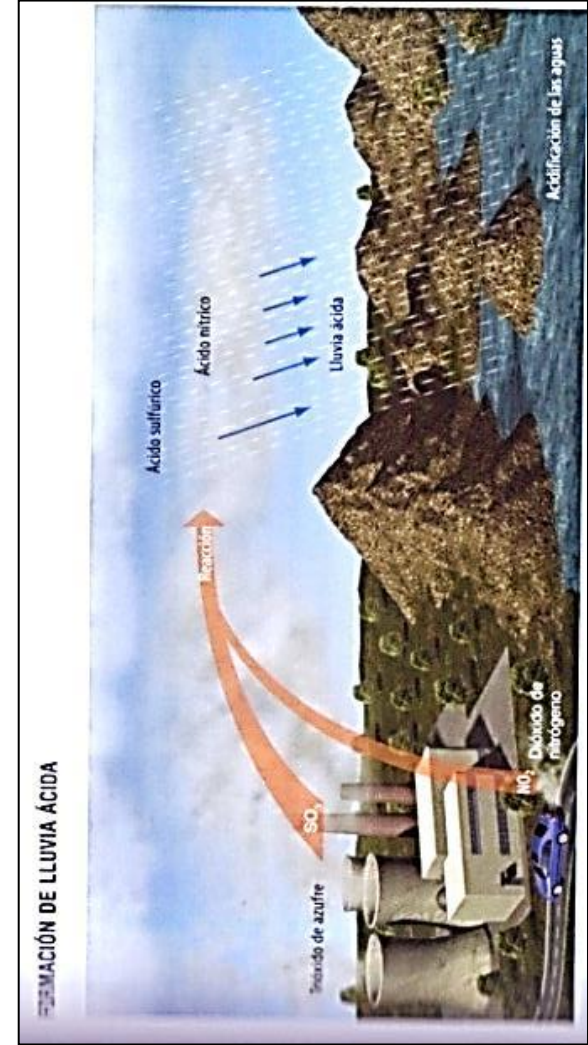


	colisiones entre reactivos son efectivas; por lo tanto, no todas originan productos. Sin embargo, mientras más colisiones existan entre reactivos, mayor es la posibilidad de que sean efectivas.		
--	---	--	--







<p><b>9. LOS CQ PUEDEN CLASIFICARSE.</b></p>	<p><i>“Vimos que existen dos categorías de reacciones químicas: exergónicas y endergónicas. Sin embargo, los químicos consideran útil clasificarlas de acuerdo con sus similitudes.”</i></p>	<p><b>Los ejemplos se desarrollan a continuación en cada clase de reacción química.</b></p>	 <pre> graph TD     A[REACCIONES QUÍMICAS] -- se clasifican en --&gt; B[REACCIONES DE SÍNTESIS X + Y → XY]     A -- se clasifican en --&gt; C[REACCIONES DE DESCOMPOSICIÓN AB → A + B]     A -- se clasifican en --&gt; D[REACCIONES DE SUSTITUCIÓN SIMPLE E + FG → EG + F]     A -- se clasifican en --&gt; E[REACCIONES DE SUSTITUCIÓN DOBLE PQ + RS → PS + RQ]     </pre>
--	--	---	---


	<p><i>“Reacciones de síntesis: implican la combinación directa de dos o más reactivos para producir un producto. Los reactivos pueden ser átomos o compuestos.</i></p>	<p><i>“...síntesis de cloruro de hierro (II) a partir de hierro y cloro:</i></p>	<p><i>Se pueden simbolizar de la siguiente forma:</i></p> $X + Y \rightarrow XY$ <p><math display="block">\text{Fe(s)} + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{FeCl}_2(\text{s})</math><p><i>Cloruro de hierro (II)</i></p><p>Reacción de síntesis entre el hierro (Fe) y el azufre (S) para formar sulfuro de hierro.</p></p>
--	--	--	---



*“Veamos algunos ejemplos en el ambiente. Los vehículos que utilizan nafta y las fábricas que queman carbón o petróleo son dos de las principales fuentes de gases que contaminan el aire, principalmente trióxido de azufre (SO<sub>3</sub>) y dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>). Cuando estos óxidos se combinan con la humedad del ambiente forman ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>), que caen en forma de lluvia, nieve o niebla. A esto se llama **lluvia ácida**.”*



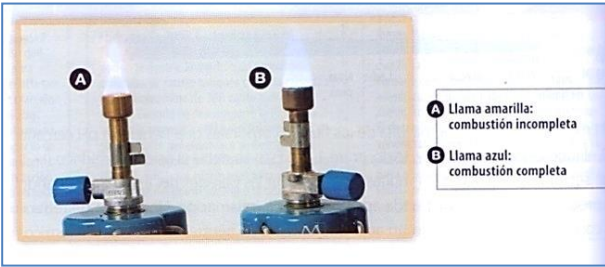
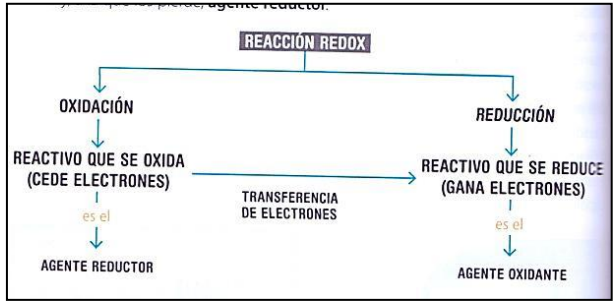
	<p><b>“Reacciones de descomposición.</b>  <i>En este tipo de reacciones, un único reactivo se descompone y forma dos o más productos. Son las reacciones opuestas a las de síntesis...”</i></p> <p><i>“Como vimos, las reacciones de descomposición son aquellas en las que un único reactivo, ya sea de manera espontánea o provocado por un agente externo, se descompone formando dos o más productos.”</i></p> <p><i>“En el caso de que la reacción de descomposición sea provocada por un agente externo, se pueden clasificar en tres tipos según el agente causante:</i></p> <p><b>Reacción térmica:</b> <i>producida por una temperatura elevada.</i></p> <p><b>Reacción electrolítica:</b> <i>producida por una corriente eléctrica.</i></p> <p><b>Reacción catalítica:</b> <i>producida por la acción de un catalizador, que acelera una reacción que de otro modo sería muy lenta.”</i></p>	<p>“Un ejemplo de descomposición espontánea es el agua oxigenada (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), una sustancia similar al agua pero que, en lugar de dos átomos de hidrógeno y uno de oxígeno, tiene dos de ambos elementos. Los productos de esta reacción son agua y oxígeno gaseoso. El oxígeno gaseoso liberado se detecta por la formación de burbujas.</p> <p><i>...la sangre tiene una sustancia que acelera la reacción de descomposición del agua oxigenada. Si se mezcla agua oxigenada con sangre, la reacción forma una espuma blanca. El agua oxigenada actúa como desinfectante, ya que al colocarla sobre una herida, en la espuma formada por el oxígeno mueren todas las bacterias patógenas anaeróbicas, es decir, aquellas que no pueden vivir en presencia de oxígeno.”</i></p>	<p><i>“...se simbolizan de la siguiente manera:</i></p> $AB \rightarrow A + B$ $2H_2O_2(l) \rightarrow 2H_2O(g) + O_2(g)$ <div data-bbox="1464 475 1957 1038" data-label="Image"> </div> <p><i>En esta imagen se muestra la reacción de descomposición del agua oxigenada. ¿A qué sustancia corresponden las burbujas que se forman?</i></p>
--	--	---	--

	<p>“Las reacciones de descomposición tienen numerosas aplicaciones...”</p>		<table border="1"><tr><td data-bbox="1420 997 1693 1324"></td><td data-bbox="1693 997 1977 1324"><p>El airbag es un efectivo sistema de seguridad de los automóviles; se trata de un bolso que se infla en el momento de un impacto para proteger a las personas. Pero, ¿cómo se infla tan rápidamente? Esto se debe a una veloz reacción de descomposición. En el interior del airbag desinflado hay una sustancia sólida y blanquecina, la azida de sodio (<math>\text{NaN}_3</math>). Ante el impacto de un automóvil, un mecanismo genera una temperatura de <math>275^\circ\text{C}</math>, y desencadena la reacción de descomposición de la azida de sodio en sodio (<math>\text{Na}</math>) y nitrógeno gaseoso (<math>\text{N}_2</math>). Este último es el que infla el airbag.</p></td></tr><tr><td data-bbox="1420 657 1693 976"></td><td data-bbox="1693 657 1977 976"><p>En marzo de 2002, La Agencia Espacial Europea lanzó el <i>Envisat</i>, un satélite de observación terrestre. El módulo de propulsión constaba de cuatro tanques con una capacidad para combustible de 300 kg de hidracina (<math>\text{N}_2\text{H}_2</math>). Cuando se descompone la hidracina se forma amoníaco (<math>\text{NH}_3</math>) y nitrógeno (<math>\text{N}_2</math>); a su vez, parte del amoníaco se descompone en más nitrógeno e hidrógeno. Los tres gases (<math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{N}_2</math> y <math>\text{H}_2</math>) son expulsados para producir el empuje necesario para que el satélite entre en órbita.</p></td></tr><tr><td data-bbox="1420 300 1693 641"></td><td data-bbox="1693 300 1977 641"><p>James Marsh (1794-1846) fue un químico británico famoso por la invención de la prueba que lleva su nombre. En 1832, Marsh fue llamado como perito químico en un juicio por asesinato, en donde había que demostrar un asesinato por envenenamiento con arsénico. El desarrolló una prueba donde obtuvo un gas venenoso: arsina (<math>\text{AsH}_3</math>). Encendió el gas y se descompuso en arsénico puro que, cuando se pasa a una superficie fría, forma un depósito sólido negro y plateado.</p></td></tr></table>		<p>El airbag es un efectivo sistema de seguridad de los automóviles; se trata de un bolso que se infla en el momento de un impacto para proteger a las personas. Pero, ¿cómo se infla tan rápidamente? Esto se debe a una veloz reacción de descomposición. En el interior del airbag desinflado hay una sustancia sólida y blanquecina, la azida de sodio (<math>\text{NaN}_3</math>). Ante el impacto de un automóvil, un mecanismo genera una temperatura de <math>275^\circ\text{C}</math>, y desencadena la reacción de descomposición de la azida de sodio en sodio (<math>\text{Na}</math>) y nitrógeno gaseoso (<math>\text{N}_2</math>). Este último es el que infla el airbag.</p>		<p>En marzo de 2002, La Agencia Espacial Europea lanzó el <i>Envisat</i>, un satélite de observación terrestre. El módulo de propulsión constaba de cuatro tanques con una capacidad para combustible de 300 kg de hidracina (<math>\text{N}_2\text{H}_2</math>). Cuando se descompone la hidracina se forma amoníaco (<math>\text{NH}_3</math>) y nitrógeno (<math>\text{N}_2</math>); a su vez, parte del amoníaco se descompone en más nitrógeno e hidrógeno. Los tres gases (<math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{N}_2</math> y <math>\text{H}_2</math>) son expulsados para producir el empuje necesario para que el satélite entre en órbita.</p>		<p>James Marsh (1794-1846) fue un químico británico famoso por la invención de la prueba que lleva su nombre. En 1832, Marsh fue llamado como perito químico en un juicio por asesinato, en donde había que demostrar un asesinato por envenenamiento con arsénico. El desarrolló una prueba donde obtuvo un gas venenoso: arsina (<math>\text{AsH}_3</math>). Encendió el gas y se descompuso en arsénico puro que, cuando se pasa a una superficie fría, forma un depósito sólido negro y plateado.</p>
	<p>El airbag es un efectivo sistema de seguridad de los automóviles; se trata de un bolso que se infla en el momento de un impacto para proteger a las personas. Pero, ¿cómo se infla tan rápidamente? Esto se debe a una veloz reacción de descomposición. En el interior del airbag desinflado hay una sustancia sólida y blanquecina, la azida de sodio (<math>\text{NaN}_3</math>). Ante el impacto de un automóvil, un mecanismo genera una temperatura de <math>275^\circ\text{C}</math>, y desencadena la reacción de descomposición de la azida de sodio en sodio (<math>\text{Na}</math>) y nitrógeno gaseoso (<math>\text{N}_2</math>). Este último es el que infla el airbag.</p>								
	<p>En marzo de 2002, La Agencia Espacial Europea lanzó el <i>Envisat</i>, un satélite de observación terrestre. El módulo de propulsión constaba de cuatro tanques con una capacidad para combustible de 300 kg de hidracina (<math>\text{N}_2\text{H}_2</math>). Cuando se descompone la hidracina se forma amoníaco (<math>\text{NH}_3</math>) y nitrógeno (<math>\text{N}_2</math>); a su vez, parte del amoníaco se descompone en más nitrógeno e hidrógeno. Los tres gases (<math>\text{NH}_3</math>, <math>\text{N}_2</math> y <math>\text{H}_2</math>) son expulsados para producir el empuje necesario para que el satélite entre en órbita.</p>								
	<p>James Marsh (1794-1846) fue un químico británico famoso por la invención de la prueba que lleva su nombre. En 1832, Marsh fue llamado como perito químico en un juicio por asesinato, en donde había que demostrar un asesinato por envenenamiento con arsénico. El desarrolló una prueba donde obtuvo un gas venenoso: arsina (<math>\text{AsH}_3</math>). Encendió el gas y se descompuso en arsénico puro que, cuando se pasa a una superficie fría, forma un depósito sólido negro y plateado.</p>								

	<p><b>“Reacción de sustitución simple.</b>                  En este tipo de reacciones, un átomo reemplaza a otro que forma parte de un compuesto.</p>		<p>Se simbolizan de la siguiente manera:  <math>E + FG \rightarrow EG + F</math>”</p>
		<p>“Por ejemplo la reacción de cinc con ácido clorhídrico, se representa así:</p>	<p><math>Zn(s) + 2HCl \rightarrow ZnCl_2(s) + H_2(g) + \text{energía}</math></p>
			 <p>Reacción de sustitución simple del cinc con el sulfato de cobre.</p>
<p><b>Reacciones de sustitución doble.</b>                  En este tipo de reacciones, los iones en solución acuosa de dos compuestos intercambian sus posiciones y generan, por ejemplo un compuesto poco soluble en agua.</p>	<p>“La precipitación de cloruro de plata a partir de nitrato de plata y cloruro de sodio es un ejemplo de este tipo de reacciones.”</p>	<p>Se ajusta a la siguiente ecuación general:  <math>PQ + RS \rightarrow PS + RQ</math></p> <p> <math>AgNO_3(ac) + NaCl(ac) \rightarrow NaNO_3(ac) + AgCl(s)</math>                  Nitrato de plata    Cloruro de sodio    Nitrato de sodio    Cloruro de plata             </p>	

	<p><b>Reacciones ácido base.</b>                  Mezclando una solución ácida con una alcalina puede obtenerse una sal. Por esta razón, los álcalis recibieron más tarde el nombre de bases, del griego basis, que se traduce como fundamento para la obtención de sales. Los ácidos y las bases se comportan como dos grupos químicamente opuestos, pues los ácidos contrarrestan las propiedades de las bases, y al revés. Las reacciones llamadas <b>ácido- base</b> son también reacciones de sustitución doble.                  La reacción entre un ácido y una base es una <b>reacción de neutralización</b>, ya que los productos no tienen carácter ácido ni básico, por lo que la solución resultante es neutra..</p>		<p><math display="block">\text{HNO}_3(\text{ac}) + \text{Na}(\text{OH})(\text{ac}) \rightarrow \text{NaNO}_3(\text{ac}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})</math>                 Ácido nítrico   hidróxido de sodio   Nitrato de sodio   agua</p> <div data-bbox="1491 347 1856 788">  <p>La picadura de abeja introduce en la piel una sustancia ácida. ¿Cómo se puede neutralizar?</p> </div> <div data-bbox="1491 815 1856 1272">  <p>La picadura de avispa introduce en la piel una sustancia alcalina. ¿Con qué tipo de sustancia se puede neutralizar?</p> </div>
--	---	--	---

	<p><b>La combustión.</b>                  La combustión es una oxidación que se caracteriza por el desprendimiento de luz y energía térmica, siempre interviene un comburente y un combustible. Se llama <b>comburente</b> al medio de reacción que permite que ocurra una combustión. El comburente natural es el oxígeno (O<sub>2</sub>) presente en el aire. Sin oxígeno no es posible una combustión. Se define <b>combustible</b> a toda sustancia capaz de arder. Una combustión puede ser completa o incompleta.</p> <p><b>Combustión completa.</b> Se produce cuando la cantidad de comburente es suficiente para que reaccione todo el combustible. Se obtienen como productos dióxido de carbono y agua gaseosos, que no son productos tóxicos. Esta combustión presenta una llama azul pálido, y que es el tipo de llama que brinda la mayor cantidad de calor.</p> <p><b>Combustión incompleta.</b> Si la cantidad de comburente (O<sub>2</sub>) no es suficiente para que reaccione todo el combustible, la combustión es incompleta. De ella se obtiene carbón (C), finalmente dividido (hollín), vapor de agua y monóxido de carbono (CO). El monóxido de carbono es un gas muy tóxico que</p>	<p>“Cuando prendemos la hornalla de una cocina o encendemos carbón para hacer un asado provocamos una reacción química de combustión.”                  “...el caso del metano, principal componente del gas natural”.</p>	<p>“(combustión completa) La ecuación en el caso del metano, es:”  <math display="block">\text{CH}_4(\text{g}) + 2\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O} + \text{energía}</math></p> <p>“La siguiente fórmula representa una combustión incompleta del metano”:  <math display="block">4\text{CH}_4(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{C}(\text{s}) + 2\text{CO}(\text{g}) + 8\text{H}_2\text{O}(\text{g}) + \text{energía}</math></p> <div data-bbox="1496 571 1859 1289" data-label="Diagram"> <pre>                 graph TD                     A[COMBUSTIÓN] -- se necesita un --&gt; B[COMBUSTIBLE + COMBURENTE]                     B -- puede ser --&gt; C[COMPLETA]                     B -- puede ser --&gt; D[INCOMPLETA]                     C -- los productos son --&gt; E[DIÓXIDO DE CARBONO + AGUA]                     D -- los productos son --&gt; F[CARBÓN + MONÓXIDO DE CARBONO + AGUA]                 </pre> </div>
--	---	--	--

	<p>puede producir la muerte si se lo inhala en exceso, se combinan la hemoglobina de la sangre más fuertemente y a una velocidad mayor que el oxígeno, produciendo graves intoxicaciones que pueden llevar a la muerte. Los síntomas de intoxicación son somnolencia, dolor de cabeza, mareos y vómitos. Es muy importante mantener ventiladas las instalaciones donde hay prendidas estufas a gas...          La combustión incompleta produce una llama amarilla brillante, que entrega mucho menos calor que la llama azul.          En conclusión, un mismo combustible puede dar una reacción de combustión completa o incompleta, esto dependerá de la cantidad de oxígeno disponible.</p>		
	<p><b>Reacciones de óxido-reducción.</b>          En una reacción de <b>óxido-reducción</b> o <b>rédox</b>, dos sustancias intercambian entre sí electrones y se produce una transferencia de estas partículas de un átomo a otro.          El proceso donde hay <b>pérdida de electrones</b> se llama <b>oxidación</b>, y donde hay <b>ganancia de electrones</b> se llama <b>reducción</b>. Estos dos procesos siempre ocurren simultáneamente. Por otra parte, a</p>	<p>Los objetos de plata (Ag) se oscurecen porque la plata reacciona con el sulfuro de hidrógeno presente en el aire, y se forma sulfuro de plata (<math>Ag_2S</math>), causante del oscurecimiento. Esta es una <b>reacción rédox</b>. Para limpiarla debemos otra reacción de óxido reducción que revierta el proceso, es decir, que transforme sulfuro de plata en plata. Esta reacción se logra</p>	

la sustancia que gana electrones se la llama **agente oxidante** y, a la que los pierde, **agente reductor**.

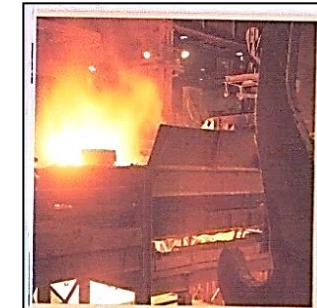
con aluminio y una mezcla caliente de agua, sal y bicarbonato de sodio. Por ejemplo, para limpiar una cadena de palta debemos sumergirla en una bandeja forrada con papel aluminio que contenga la mezcla caliente que da el medio para que la reacción se produzca, a la vez que la acelera. El sulfuro de plata de la cadena reacciona con el papel aluminio (Al) y produce plata y sulfuro de aluminio ( $Al_2S_3$ ), que se deposita sobre el papel. Esta reacción química es una reacción de óxido-reducción, ya que se produce una transferencia de electrones entre la plata y el aluminio.

*Reducción del óxido de hierro y metalurgia.*

*El hierro es el quinto elemento más abundante de la naturaleza, luego del oxígeno, el silicio, el aluminio y el magnesio. En la naturaleza el hierro no está en su forma pura sino como óxido de hierro (III). El átomo de hierro cede electrones al átomo de oxígeno con el que se combina al formar*



El óxido de cobre que se forma en la superficie de numerosos objetos, como esta estatua, es de color verdoso.

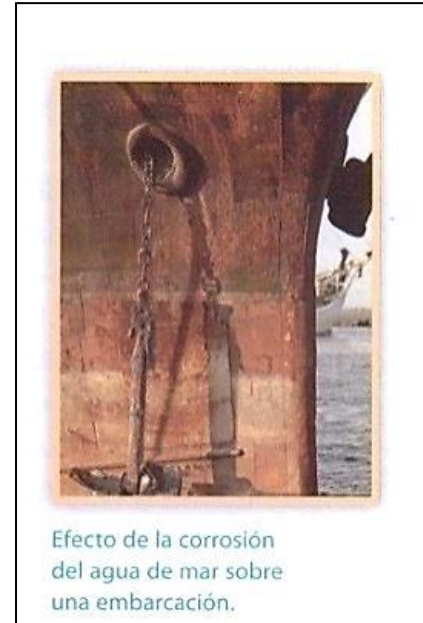


La siderurgia es la industria de obtención de hierro y acero a partir de sus minerales.

el óxido: óxido de hierro (III) ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), el hierro existe como  $\text{Fe}^{3+}$ , o sea, un átomo que ha perdido tres electrones convirtiéndose en un ión positivo o catión. De esta manera, para obtener el metal útil es necesario regresarle estos electrones perdidos. Este proceso, fundamental de la metalurgia, es la **reducción del metal**, y es inverso a la oxidación. Durante el mismo, el óxido de hierro (III) reacciona con compuestos que tienen carbono a altas temperaturas. El hierro se reduce mientras que el carbono se oxida. El hierro, reducido y fundido, se obtiene en la parte inferior de un horno. Al oxidarse, un metal pierde electrones, al reducirse vuelve a ganarlos. La **oxidación** o **corrosión** de los objetos de metal, vuelve a este material a su estado natural. El óxido de hierro.

“La corrosión

...La corrosión es la transformación de un metal en otro compuesto mediante una reacción química de oxidación con alguna otra sustancia de su entorno. Generalmente, en este



	<p><i>tipo de reacciones intervienen el oxígeno, el agua, ácidos o sales. La reacción del hierro, del cobre y otros metales con oxígeno atmosférico son reacciones exotérmicas. La diferencia con la combustión es que la energía se libera lentamente y es mucho menor. Además no produce llama.</i></p> <p><i>Una reacción típica de corrosión es la acción del oxígeno y la humedad sobre el hierro metálico, lo que da lugar al óxido férrico o herrumbre.</i></p> <p><i>La reacción química en este caso es: (ecuación química).</i></p> <p><i>La corrosión del hierro en ambientes en que no hay suficiente oxígeno, como en los estanques enterrados, produce magnetita negra, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, que puede ser considerada como un óxido mixto entre óxido de hierro (III), Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, y óxido de hierro (II), FeO. Los óxidos de hierro son porosos y no adherentes, por lo cual pueden producir la destrucción total del metal.” “En el aluminio se forma una capa de óxido de aluminio, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, que se adhiere fuertemente a la superficie del metal, por lo que es</i></p>	<p><i>La reacción química en este caso es:</i></p> $4\text{Fe (s)} + 3\text{O}_2\text{(g)} \xrightarrow[\text{calor}]{\text{agua}} 2\text{Fe}_2\text{O}_3\text{(s)} + \text{calor}$ <p>Hierro <span style="float: right;">óxido de hierro (III)</span></p>
--	---	--

	<p><i>impermeable al paso del oxígeno y del agua, y por esto protege al metal contra una corrosión posterior. Las latas de bebidas contaminan nuestro entorno y son una evidencia de que la corrosión del aluminio es muy lenta. Además, el aluminio es fácilmente reciclable y puede ser reutilizado. Existen metales resistentes a la corrosión, es decir, no reaccionan fácilmente con el oxígeno; por ejemplo el oro, el paladio, el platino y el iridio son algunos ejemplos. El titanio por su parte, es uno de los metales que mejor resiste la corrosión producida por el agua de mar.”</i></p>	
--	---	--