

**CONTRIBUCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS SOBRE
REACCIONES QUÍMICAS EN EL CAMBIO DEL CONCEPTO DE REACCIÓN
QUÍMICA.**

**LIBARDO BENÍTEZ MONDRAGÓN
MARTHA LUCIA VALDERRAMA SANTIAGO**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES
DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

Manizales, Mayo de 2014

**CONTRIBUCIÓN DE LAS REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS SOBRE
REACCIONES QUÍMICAS EN EL CAMBIO DEL CONCEPTO DE REACCIÓN
QUÍMICA.**

Tesis de Maestría por

**Libardo Benítez Mondragón
Martha Lucia Valderrama Santiago**

Tutor

Óscar Eugenio Tamayo Álzate Ph.D.

**Universidad Autónoma de Manizales
Departamento de Educación
Maestría en Enseñanza de las Ciencias**

Manizales, Mayo de 2014

DEDICATORIA

Hoy que logré alcanzar otra etapa de mi vida y otro de mis sueños, ofrezco el éxito y la satisfacción de la culminación de este proyecto de tesis a Dios, porque ha estado con nosotros a cada momento, a mi esposa Soraya Muriel Gálvez, a mis dos hijos Juan Pablo e Iván Darío, porque fueron un apoyo incondicional y porque con su amor, paciencia y comprensión, supieron entender lo importante que era para mí terminar mis estudios de maestría.

A mi madre querida y hermosa Berthilda Mondragón Mondragón por su apoyo y deseo siempre de superación.

Libardo Benítez Mondragón

A la memoria de mi padre, Benildo Valderrama quién me inculcó la idea que siempre es posible aprender.

A mi madre, Carmen Santiago quién siempre creyó en mí y soportó tantos momentos de soledad con mi ausencia durante mi carrera.

A mi hermana Victoria Eugenia y mi sobrina Daniela que siempre creyeron en la culminación de esta etapa.

A mi ahijada Mariana por su paciencia.

Martha Lucia Valderrama Santiago.

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Oscar Eugenio Tamayo Álzate, asesor de este proyecto por el invaluable aporte desde su experiencia y conocimiento de la temática de esta tesis, por su comprensión y por su paciencia para orientarnos y acompañarnos en este proceso de aprendizaje.

A los docentes de la maestría en Enseñanza de las Ciencias por brindarnos todos sus conocimientos con los que fue posible originar un cambio muy significativo en nuestro pensamiento, en nuestra labor profesional y en nuestra vida.

A los estudiantes del grado décimo y a los directivos de la Institución Educativa Belisario Peña Piñeiro por facilitar el desarrollo de actividades para el cumplimiento de la propuesta de tesis, haciendo posible la recolección de la información como insumo invaluable para el análisis de los resultados durante el desarrollo de esta tesis.

A nuestras familias por el calor humano, comprensión y apoyo incondicional durante todo el tiempo de estudio y preparación de esta investigación.

A la señora María Idaly Mondragón y su familia quienes con su apoyo contribuyeron a nuestra formación acogiéndonos en su casa y brindándonos una calidez de familia que siempre tendremos presente.

A todas aquellas personas que de una u otra forma influyeron de manera positiva en la realización de este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	11
CAPITULO 1. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN	14
1.1 Descripción del Problema.	14
1.2 Antecedentes.	16
CAPITULO 2. JUSTIFICACIÓN	20
2. OBJETIVOS	22
2.1 Objetivo General	22
2.2 Objetivos Específicos.....	22
CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO.....	23
3.1. Representaciones.....	23
3.1.1. Las representaciones internas (mentales).....	24
3.1.2. Las representaciones externas o semióticas.....	25
3.2. Cambio conceptual.....	30
3.3. Reacciones Químicas	35
3.3.1. Definición macroscópica de reacción química.	45
3.3.2. Definición nanoscópica de reacción química.	47
CAPITULO 4. METODOLOGÍA	49
4.1. Categorías	49
4.2. Diseño Metodológico.....	51
4.3. Enfoque metodológico.	52
4.4. Unidad de Análisis	53

4.5. Método.	54
4.6. Unidad didáctica.	544
CAPITULO 5: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN	57
5.1. Análisis de Estudiante E-8.....	59
5.2. Análisis de Estudiante E-21	72
5.3. Análisis de Estudiante E-31.	82
5.4. Análisis general del grupo (grado 10).....	91
CAPITULO 6. CONCLUSIONES.	105
CAPITULO 7. RECOMENDACIONES	108
CAPITULO 8. ANEXOS.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	154

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Categorías para el análisis de información concepto reacción química.	49
Tabla 2 Categorías para el análisis de información representaciones semióticas	50
Tabla 3 Palabras clave para identificar las categorías para el análisis de información relacionada con el concepto reacción química.	58
Tabla 4 Palabras clave para identificar las categorías para el análisis de información relacionada con representaciones semióticas de reacción química.	58
Tabla 5 Respuestas y representaciones del estudiante E-8 .	61
Tabla 6 Respuestas y representaciones del estudiante E-21.	80
Tabla 7 Respuestas y representaciones del estudiante E-31 .	89

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 Respuestas del estudiante (E-8) con respecto al concepto de reacción química	59
Gráfico 2 Respuestas del estudiantes E-8 con respecto al tipo de representaciones semióticas	64
Gráfico 3 Respuestas del estudiante E-21 con respecto al concepto de reacción química	73
Gráfico 4 Respuestas del estudiante E-21 con respecto al tipo de representaciones semióticas	74
Gráfico 5 Respuestas del estudiante E-31 con respecto al concepto de reacción química	83
Gráfico 6 Respuestas del estudiante E-31 con respecto al tipo de representaciones semióticas.	84
Gráfico 7 Respuestas de los estudiantes (grado 10), con respecto al concepto de reacción química	92
Gráfico 8 Respuestas de los estudiantes (grado 10), relacionadas con representaciones semióticas.	93

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Diseño metodológico en el cual se indica el recorrido investigativo del problema.	51
Figura 2	Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-8	66
Figura 3	El E-8 representa la RQ mediante dibujos de materiales y utensilios	67
Figura 4	Representación de lo que ve el estudiante E-8 (Producción de gas)	68
Figura 5	Representación simbólica l correspondientes a cada experimento.	69
Figura 6	Red semántica: Cf reacción química y representaciones semióticas. E-8	69
Figura 7	Representación simbólica, estructuras de Lewis, formación de enlaces.	70
Figura 8	Representación simbólica en el nivel microscópico	71
Figura 9	Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-21.	75
Figura 10	Representación simbólica en el nivel macroscópico	76
Figura 11	Representaciones en el nivel macroscópico E-21. Textual y simbólica.	76
Figura 12	Red semántica: Cf .reacción química y representaciones semióticas. E-21.	77
Figura 13	Representaciones dese la teoría corpuscular del concepto RQ. E-21.	78
Figura 14	Representaciones en el nivel microscópico del concepto RQ. E-21.	79
Figura 15	Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-31	85
Figura 16	Representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.	86
Figura 17	Representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.	86
Figura 18	Representaciones en el nivel simbólico-macroscópico del concepto RQ. E-31.	87
Figura 19	Red semántica: Cf. reacción química y representaciones semióticas. E-31	87
Figura 20	Representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.	88
Figura 21	Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. Grupo.	97
Figura 22	Red semántica: Cf. reacción química y representaciones semióticas. Grupo	98

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Descripción de la Unidad Didáctica.	110
Anexo 2. Actividades de la Unidad Didáctica	114
Anexo 3 Cuestionario inicial y final Experimento bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico	139
Anexo 4 Cuestionario inicial y final combustión de una vela	146

INTRODUCCIÓN

Una vez terminada la secundaria, es común que los estudiantes manifiesten que una de las materias más complicadas es la química, no saben cómo lograron aprobar los cursos porque sienten que no entendían nada; hablar de átomos, moléculas y reacciones, para ellos resulta difícil “hay que aprender pero no saben para qué si no van a ser químicos, y además nadie logra entender cosas tan raras como las que se plantean en esta materia.” Opiniones como ésta y otras similares nos llevaron a seleccionar uno de los conceptos que mayor dificultad representaba para los estudiantes, encontrando que un buen número de ellos se refería al concepto de reacción química como uno de los más difíciles.

Al hacer la revisión bibliográfica, encontramos que algunos autores plantean esta situación y sugieren la necesidad de pensar en formas adecuadas para la enseñanza que garanticen procesos de aprendizaje más efectivos; como una alternativa para el mejoramiento de la enseñanza y el aprendizaje sobre reacciones químicas, se plantea la posibilidad que los estudiantes logren un cambio en el concepto que tienen sobre reacción química a partir de las ideas previas que ellos poseen, una de las formas que en la actualidad se emplea para conocer las ideas previas de los estudiantes es a través de las representaciones que ellos elaboran frente a un tema determinado.

En tal sentido, en la enseñanza de las ciencias se considera importante estudiar el papel que juegan las diferentes representaciones semióticas en el aprendizaje y de manera particular en el cambio de los conceptos enseñados. Con base en lo anterior se define la siguiente pregunta de investigación *¿Qué cambios a nivel representacional son indicadores del aprendizaje del concepto reacción química en estudiantes de educación media?*

El estudio se realizó con estudiantes de grado décimo; al comenzar se aplicó un cuestionario para identificar las representaciones semióticas iniciales sobre el concepto de reacción química que tienen los estudiantes de educación media (grado 10), la información obtenida sirvió de base para el diseño de las actividades de la unidad didáctica, la cual busca propiciar múltiples representaciones sobre el concepto de reacción química. Finalizada la intervención didáctica en donde se han proporcionado distintas representaciones del concepto de reacción química, se evalúa con un cuestionario final para verificar que tan efectivo fue el trabajo con diversas representaciones y si cambió o no el concepto.

Esta investigación contiene siete capítulos, los cinco primeros contienen las bases teóricas y metodológicas de la investigación; en el capítulo uno se presenta el problema de la investigación, en los capítulos dos la justificación y los objetivos a alcanzar, en el capítulo tres se incluye el marco teórico que sustenta la investigación; en este capítulo se proponen aspectos relacionados con las representaciones, el cambio conceptual; entendido como un cambio gradual que implica el enriquecimiento de las ideas iniciales de los estudiantes y algunas ideas sobre el concepto

científico de reacción química; en el capítulo cuatro se presenta la metodología y en el capítulo cinco se exponen los resultados y la discusión realizada sobre los mismos, en el capítulo seis se exponen algunas conclusiones y recomendaciones generadas a partir de la investigación.

CAPITULO 1. EL PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1 Descripción del Problema.

Una de las situaciones que se presenta en la enseñanza - aprendizaje de conceptos químicos visible en los estudiantes de secundaria está relacionada con la comprensión de las reacciones químicas; es común percibir que la mayoría de los estudiantes construyen explicaciones teniendo en cuenta hechos observables y muy pocos lo hacen desde el punto de vista microscópico, atendiendo a un modelo particulado de la materia. Refiriéndose a la comprensión de los estudiantes sobre conceptos de química al culminar sus estudios, Chastrette, M.& Franco, M. (1991) afirman que *“cuando los estudiantes terminan sus estudios de secundaria suelen persistir problemas en la comprensión de conceptos químicos”* (p.244), tal es el caso identificado en estudiantes de la institución seleccionada para este estudio; quienes al terminar su educación media no logran explicar el fenómeno de reacción química estableciendo relaciones de lo observado a nivel macroscópico con el nivel microscópico de la materia.

Esta situación despierta el interés de los investigadores por conocer las ideas que los estudiantes tienen sobre la reacción química para proponer y desarrollar un trabajo de aula que contribuya a un mayor acercamiento al conocimiento científico de este concepto; una de las formas que en la

actualidad se emplea para conocer las ideas de los estudiantes es a través de las representaciones que ellos elaboran sobre los fenómenos estudiados. Duval (1999) al respecto afirma que:

No hay conocimiento que un sujeto pueda movilizar sin una actividad de representación; es el proceso de producción de representaciones externas el que hace posible comprender y ganar claridad acerca de la representación mental interna, en contra de una creencia muy generalizada en el ámbito educativo, donde profesores y estudiantes consideran que se tiene aprendido un concepto si se puede representar externamente. (p.9)

Lo anterior constituye un aspecto muy importante, el conocimiento sobre las ideas de los estudiantes permitirá establecer qué tan cerca o lejos están del conocimiento científico; además como lo plantean Gabel (1999) y Tamayo (2001) a partir de las comprensiones previas de los estudiantes, de sus acciones y sus percepciones, ellos generan nuevos aprendizajes, es decir construyen una nueva comprensión conceptual.

Con relación a las representaciones que los estudiantes elaboran sobre algunos conceptos químicos y específicamente sobre *reacción química* es preciso afirmar que las imágenes percibidas de su contexto cotidiano y de su realidad, no son suficientes para comprender lo que sucede cuando se lleva a cabo una reacción química y en muchas ocasiones la enseñanza no proporciona representaciones alternativas para la comprensión de este fenómeno; al respecto, Pozo, Gómez, Limón & Sanz. (1991) consideran que es preciso un esfuerzo en la elaboración de sistemas alternativos de representación, no sólo analíticos o proposicionales (matemáticos, algebraicos o mediante símbolos químicos) sino fundamentalmente analógicos (basados en imágenes). En el caso específico del concepto *reacción química* es preciso hacer uso de múltiples representaciones que permitan al estudiante considerar aspectos relacionados con el

nivel molecular que no es posible evidenciar a partir de las observaciones que hace desde el mundo real o macroscópico.

Del mismo modo, teniendo en cuenta lo que propone Tamayo. (2009) en uno de sus estudios sobre la importancia de indagar el papel de las representaciones en el proceso de enseñanza – aprendizaje y cómo a partir de ellas los conceptos son mejor aprendidos, nos proponemos hallar respuesta a la siguiente pregunta: **¿Qué cambios a nivel representacional son indicadores del aprendizaje del concepto Reacción Química en estudiantes de educación media?**

1.2. Antecedentes.

Durante la enseñanza y aprendizaje de la química es común que profesores y estudiantes utilicen distintas formas para expresarse, lo que hace evidente una distinción entre el lenguaje utilizado por unos y otros, lenguaje que está asociado a distintos tipos de representaciones sobre los fenómenos estudiados, generalmente los estudiantes hacen uso de un lenguaje cotidiano caracterizado por construcciones que elaboran a partir de observaciones concretas del mundo macroscópico, por otra parte, los profesores teniendo en cuenta los modelos propuestos por la ciencia utilizan el lenguaje científico, el cual considera aspectos microscópicos y simbólicos que trascienden y complementan el nivel macroscópico de la materia. Una alternativa para la comprensión de la química incluye la movilidad en estos tres niveles representacionales propuestos por Johnstone (citado por Galagovsky, 2003):

El nivel macroscópico corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa. Este nivel se construye mediante la información proveniente de nuestros sentidos, basada en propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. Todos los sistemas materiales que manipulamos podemos caracterizarlos mediante descripciones sensoriales que aportan información a este nivel. El nivel submicroscópico, hace referencia a las representaciones abstractas, modelos que tiene en su mente un experto en química, asociados a esquemas de partículas. El nivel simbólico, involucra formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, etc. (p.109)

Ardac & Akaygun (2004) refieren que la comprensión conceptual de la química incluye la capacidad para representar y traducir problemas químicos utilizando el nivel macroscópico (observable), molecular (particulado) y formas simbólicas, por lo tanto, la instrucción en química debe fomentar el desarrollo y producción de múltiples representaciones y debe animar a los estudiantes a reflexionar en sus significados.

Entre algunos de los trabajos que han abordado el tema de las representaciones sobre reacciones químicas podemos mencionar el de Galagovsky, Rodríguez, Stamati & Morales (2003) en el que se indaga sobre las acciones didácticas que favorecerían la movilidad entre los niveles representacionales propuestos por Johnstone durante el aprendizaje del concepto reacción química, a partir de sus aportes se puede concluir que la comunicación entre profesores y estudiantes de ciencias naturales, encuentra una serie de dificultades, una de ellas está asociada a la brecha que se produce entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico, lo que demuestra que la apropiación del lenguaje científico es un proceso gradual y contextualizado que se puede fortalecer a partir de la interacción de los estudiantes con sus profesores, con sus compañeros, con el medio, con los materiales y recursos de carácter simbólico que puedan utilizar.

En este marco, el trabajo de García (2005), es de interés para esta investigación porque plantea aspectos relacionados con la importancia de los recursos simbólicos que pueden utilizar los estudiantes, los sistemas de representación externa con los que ellos interactúan y aquellos que la ciencia utiliza para comunicar el conocimiento; aporta cuatro argumentos desde los que cobran sentido los estudios realizados sobre representaciones externas:

- (a) El lenguaje de la ciencia utiliza numerosas y diferentes representaciones para presentar los fenómenos que estudia.
- (b) Las representaciones usadas por la ciencia son de naturaleza semiótica porque pueden ser expresadas y compartidas con otros.
- (c) El aprendizaje de los conceptos pertenecientes a la ciencia, está ligado al aprendizaje sobre las representaciones que forman parte del conocimiento científico.
- (d) El aprendizaje de las ciencias debe hacer énfasis en los procesos necesarios para formar estas representaciones semióticas y para transformarlas en otras.

Trabajos como los de Tamayo (2001) también han enfocado un interés sobre las representaciones y su relación con la evolución conceptual; él plantea que el análisis del discurso escrito de los estudiantes permite evaluar la evolución conceptual y que dicho análisis permite acercarse comprensivamente a las distintas representaciones sobre fenómenos específicos (como la respiración) así como también se puede obtener información sobre aspectos relacionados con el conocimiento cotidiano y científico de los estudiantes. De los aspectos planteados en este trabajo es de gran importancia, la relación que existe entre el cambio conceptual (entendido como la

REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

posibilidad de acercarse al conocimiento científico a partir de la construcción y reconstrucción de las representaciones que surgen de las ideas previas que los estudiantes tienen y cómo a través de las representaciones se puede evidenciar el cambio del concepto que tiene el estudiante) y el uso adecuado del lenguaje propio de la ciencia.

CAPITULO 2. JUSTIFICACIÓN

Un problema fundamental para la enseñanza y el aprendizaje es conocer cómo los sujetos representan mentalmente su conocimiento acerca del mundo, cómo operan con esas representaciones y cómo éstas pueden construirse, re-construirse y cambiar tanto en contextos de enseñanza como en ambientes cotidianos (Tamayo & Sanmartí, 2002). Conocer el tipo de representaciones que emplean los estudiantes permite realizar un diagnóstico respecto al avance en la comprensión de los conceptos científicos, posibilitando la construcción por parte de estudiantes de más representaciones para el entendimiento del concepto y facilitando la comunicación entre estudiantes y profesores.

Por lo tanto, el estudio sobre los tipos y funciones de las representaciones externas es de especial importancia para la enseñanza de las ciencias, no sólo por los múltiples lenguajes que hoy se emplean para representar los diferentes fenómenos sino, también como lo plantean López, Saldarriaga & Tamayo (2007) por la necesidad de reconocer que en la medida en que estudiantes y profesores empleen mayor número de representaciones de los conceptos que se enseñan y se aprenden, éstos son aprendidos con mayor profundidad.

Igualmente abordar aspectos sobre las relaciones existentes entre los procesos de enseñanza y los de aprendizaje mediados por las representaciones, conocer el cambio de una representación a

otra, el tránsito de las representaciones a través de los niveles representacionales y responder a la pregunta *¿Qué cambios a nivel representacional son indicadores del aprendizaje del concepto Reacción Química en estudiantes de educación media?*, resulta ser un trabajo relevante porque hace parte de los intereses que hoy en día tiene la didáctica de las ciencias, además entender cómo las representaciones contribuyen al cambio del concepto de reacción química cobra importancia ya que con ello se pueden establecer criterios y bases para la enseñanza de este concepto.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Describir los cambios en el empleo de las representaciones semióticas del concepto “reacción química” que son indicadores del aprendizaje del concepto reacción química en estudiantes de educación media.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar las representaciones semióticas que tienen los estudiantes sobre reacciones químicas.
- Diseñar, aplicar y evaluar una unidad didáctica sobre reacciones químicas que propicie múltiples sistemas de representación.
- Comparar las representaciones semióticas iniciales y finales sobre reacción química y describir sus cambios

CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1. Representaciones.

Desde la perspectiva de las ciencias cognitivas, se consideran las representaciones como “cualquier noción, signo o conjunto de símbolos que significan algo del mundo exterior o de nuestro mundo interior, estas representaciones son construidas tanto por científicos como por cualquier otro sujeto, en el primer caso obtendríamos una teoría científica y en el segundo, una teoría intuitiva acerca del mundo” (López et al.).

En la enseñanza – aprendizaje de las ciencias en general y de la química en particular es importante considerar las representaciones que tienen y usan los estudiantes y docentes en el aula de clase con el fin de identificar cuáles son las ideas que los estudiantes tienen con relación a un tema en particular y cómo un proceso de enseñanza centrado en el empleo de diferentes registros representacionales por parte del docente aporta al aprendizaje de los conceptos estudiados. Para ubicar el marco desde el cual se asume este estudio, es necesario destacar algunos aportes realizados por autores refiriéndose a las representaciones internas y externas, en ellos se considera la importancia de las representaciones mentales en la medida que contribuyen a enriquecer los procesos cognitivos.

3.1.1. Las representaciones internas (mentales).

Las representaciones internas son las imágenes mentales y concepciones que un individuo puede tener sobre un objeto, sobre una situación, sobre la realidad que observa y sobre todo aquello que le está asociado como los conceptos, nociones, creencias, fantasías, guiones, modelos mentales, también hacen parte de estas representaciones, las configuraciones mentales construidas por los individuos a partir de la observación del comportamiento verbal y matemático (Tamayo, 2009). Es así como, estas representaciones permiten mantener presentes los objetos y las situaciones aun cuando ellos no sean perceptibles de manera real en un momento dado, constituyendo entonces una manera de interpretar y pensar la realidad cotidiana, desempeñando un papel muy importante.

Según Johnson Laird (citado por Tamayo, 2009) las representaciones mentales pueden ser analógicas (como la imagen mental), proposicionales (tipo lenguaje) y modelos mentales (son análogos estructurales del mundo), estos desde la perspectiva de la enseñanza de las ciencias son potentes intermediarios en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los conceptos, modelos y teorías científicas, se puede decir que las imágenes son producto tanto de la percepción como de la imaginación, representan aspectos perceptibles de los objetos correspondientes del mundo real y son altamente específicas. Para el caso de las proposiciones, se considera que ellas son representaciones mentales que pueden ser expresadas verbalmente y en el caso de los modelos; éstos permiten a los individuos hacer inferencias y predicciones, entender los fenómenos, decidir las acciones a tomar y controlar su ejecución, **por lo tanto**, para que puedan cumplir con el papel

de intermediarios en la enseñanza y aprendizaje es preciso que sean semióticas (externas), en este proceso de enseñanza-aprendizaje, las representaciones externas dan cuenta de los significados o intencionalidad del sujeto frente al concepto o tema en particular.

3.1.2. Las representaciones externas o semióticas.

Las representaciones externas o semióticas son formas de expresión tales como el lenguaje, los diversos sistemas de escritura, los símbolos, las gráficas, ecuaciones, tablas, que hacen parte de un sistema particular de signos y tienen la cualidad de poder convertirse a otros sistemas semióticos con significados diferentes para las personas que las utilicen. Según Duval (1999), las representaciones semióticas están relacionadas con tres actividades cognitivas a saber; la formación de representaciones, el tratamiento de las mismas y su conversión.

La formación de representaciones consiste en seleccionar un conjunto de signos dentro de un sistema semiótico, para representar las características principales de un objeto; la asignación de nombres, la construcción de imágenes esquemáticas de los objetos o la codificación de relaciones o propiedades pertinentes a una transformación de los mismos, corresponden a esta actividad. El tratamiento de las representaciones consiste en transformarlas en otras que están expresadas en el mismo sistema semiótico, por ejemplo cuando se responde a una pregunta o se soluciona un problema, por último, la conversión de las representaciones consiste en la transformación de una representación en otra, que está expresada en un sistema semiótico diferente, a esta actividad corresponden la traducción, la ilustración, la transposición, la interpretación, codificación, entre otros. (p. 29)

Por lo tanto, en la enseñanza-aprendizaje es importante tener presente estos tres procesos cognitivos, para que los conceptos se aprendan en profundidad, desde esta perspectiva se

propone el mayor uso de representaciones en uno o varios registros semióticos, dando importancia a las relaciones establecidas entre las diferentes representaciones, ya que dichas relaciones contribuyen a tener en cuenta aspectos antes no considerados en la definición del concepto, los cuales son relevantes para su aprendizaje; si solamente se usa un tipo de registro, éste resultaría insuficiente para explicar un objeto o fenómeno, pues puede tener en cuenta solo algunos aspectos y dejar de considerar otros que son relevantes para la definición del concepto; en la medida que se usen múltiples registros, se amplían las relaciones que se establecen, lo que contribuye a una definición más cercana al concepto científico (Moreira & Greca, 2002).

Asimismo, los aportes sobre las representaciones externas han motivado a la didáctica de las ciencias y a sus investigadores a prestar atención a ellas y tratar de comprender sus procesos de formación e influencia en la enseñanza – aprendizaje, es necesario que los estudiantes empleen diferentes tipos de representación para que las relacionen entre sí, las replanteen y las reconstruyan, esto a la vez está encaminado a construir diferentes tipos de representaciones de un mismo objeto para ampliar la comprensión de él y su reconstrucción mental. Las representaciones mentales son dependientes de las de tipo externo; es decir, el desarrollo de las representaciones mentales requiere de la adquisición e interiorización de diferentes sistemas de representación semiótica; por otra parte las representaciones externas a diferencia de la representación mental, pueden comunicar diferentes aspectos al mismo tiempo, mientras que las mentales pueden referirse a un solo aspecto (Duval, 1999).

Lo anterior, permite pensar en la utilidad de las representaciones para la enseñanza de la química, a partir de ellas se exteriorizan las ideas que tienen los estudiantes sobre el objeto representado y a través de las representaciones es posible dar cuenta de los significados que tienen ellos en un momento determinado sobre el concepto de reacción química y como éstos pueden ser susceptibles de cambio. Por otra parte, además de estudiar cómo los alumnos buscan el sentido de los distintos modos de representación, también es útil saber cómo los alumnos construyen significados a través de las interacciones de los diferentes modos de representación (Cheng & Gilbert, 2009).

De igual manera las diferentes representaciones que hace el estudiante pueden agruparse en tres niveles representacionales: macroscópico, microscópico y simbólico, desde la perspectiva de Johnstone (citado por Galagovsky et al. 2003) y Treagaust (2009) se plantean las siguientes descripciones de cada uno de ellos:

El nivel macroscópico lo constituyen las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa; la información necesaria para la construcción de representaciones a este nivel se obtiene a través de los sentidos y está basada en propiedades organolépticas de los sistemas materiales que se manipulan; la construcción de representaciones a este nivel en química, se caracteriza por las observaciones a simple vista de la materia y sus transformaciones, por la experimentación (en laboratorios de química y en la vida cotidiana) y la realización de mediciones.

En el nivel microscópico son representaciones abstractas, constituidas por modelos que tiene en la mente un experto en química y que están asociadas a esquemas de partículas (átomos, moléculas, iones, etc.), las cuales no se pueden ver directamente debido a su dimensión (se debe tener en cuenta que el diámetro de los átomos está en el orden de los ángström y que sus masas son del orden de 10^{-23} g). En química los modelos en los que se basan este tipo de representaciones tienen por objeto interpretar y explicar las causas de los fenómenos macroscópicos en términos de reordenamiento de partículas, por ejemplo la aparición de sólidos puede ser descrita en términos de embalado de átomos o moléculas.

El nivel simbólico de representación en química está constituido por formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, en este nivel se usan símbolos que dan cuenta de las cargas eléctricas, sub índices para indicar el número de átomos de un ion o molécula, letras para indicar el estado físico de la entidad, uso de coeficientes prefijados para mostrar la conservación de la materia durante una reacción. Este nivel guarda relación con los niveles macroscópico y microscópico; en el primer caso cuando se trata de cantidades a granel de reactivos y productos en los cálculos estequiométricos y en el segundo caso, cuando hace referencia a modelos relacionados con la descripción en términos de partículas para describir los cambios físicos (cambios de estado y disolución de solutos) y los cambios químicos que tienen lugar durante las reacciones.

Entonces podemos considerar que un experto en química, un profesor y un estudiante utilizan estos tres niveles representacionales de diferente manera a saber: .un químico piensa a nivel microscópico, experimenta a nivel macroscópico y representa ambos a nivel simbólico; en el aula, cuando un profesor de química se refiere a un proceso (una reacción química) elabora sus explicaciones, teniendo en cuenta simultáneamente estos tres niveles representacionales, aunque en su discurso sólo explicita información en cada uno de ellos alternativa y secuencialmente, en general, el profesor no es consciente de la demanda real que debe soportar la memoria de trabajo de los estudiantes, para procesar la información que está recibiendo, ni que para ellos los dibujos y explicaciones no tienen anclaje directo en la percepción macroscópica del fenómeno; así que el uso de diferentes tipos de representaciones activa conocimientos particulares, por lo que es necesario presentar múltiples actividades y tareas con los distintos tipos de representaciones para promover la ampliación de los modelos conceptuales que tienen los estudiantes.

Con relación a dichos modelos, los estudiantes no manejan simultáneamente los niveles representacionales indicados al intentar explicar un fenómeno químico sino que tienden a explicarlo con las propiedades macroscópicas; podría pensarse que a medida que los estudiantes abordan estos niveles representacionales pueden tener un mayor acercamiento a los conceptos científicos y entenderse esta situación como una manera de evidenciar cómo los conceptos van cambiando, sin embargo verificar esta opinión hace parte de esta investigación.

Desde la didáctica de las ciencias naturales existe gran interés en el estudio de las representaciones semióticas y su producción, para tratar de explicar y dar a comprender procesos

científicos de naturaleza microscópica, (discontinuidad de la materia) ya que, las representaciones aportan información sobre las maneras y formas de dar a comprender los conceptos y el lenguaje científico. Lo anterior indica sobre el cuidado que se debe tener en el manejo de las representaciones, cuando se da una transformación o cuando se emplean diferentes registros semióticos (conversión), por ejemplo al usar una representación proposicional y alternarla con una gráfica hay que tener en cuenta indicar o traducir el significado de cada una de las partes que conforman la nueva representación, así el estudiante comprenderá qué sucede con el concepto que se está enseñando y como éste se puede representar de diferentes maneras.

3.2. Cambio conceptual.

Es prudente mencionar aquí la idea a la que se hará referencia cuando se hable de cambio conceptual en esta investigación. Se considera el cambio conceptual como el cambio gradual e integral de las ideas previas de los estudiantes, teniendo en cuenta que éstas no se reemplazan por las ideas nuevas, por tanto lo que implica es el enriquecimiento de las ideas que los estudiantes tienen y que son posibles utilizarlas en contextos diferentes; el cambio gradual se refiere a las transformaciones que sufre el concepto desde su idea inicial y que se van dando en el tiempo; el concepto se va enriqueciendo a medida que el estudiante incorpora nuevos elementos que le dan mayor sustento y que permiten contrastarlos con los términos científicos, permaneciendo las ideas previas, las cuales no son reemplazadas, todo lo contrario, son el insumo para construir y mejorar la siguiente.

A continuación se presentan las posturas de varios autores desde la perspectiva constructivista, sobre el cambio conceptual, algunos consideran que se presenta un cambio radical entre las ideas iniciales de los estudiantes y las ideas científicas, desde esta “visión clásica se considera que el cambio se inicia cuando se presenta la insatisfacción del estudiante con una concepción previa y tiene a disposición una concepción reemplazante y ésta es inteligible (el alumno la debe entender), plausible y/o fructífera, es decir debe resolver problemas generados por la anterior concepción, ser útil y proporcionar al alumno otros enfoques, entonces la acomodación de la nueva concepción se llevaba a cabo”(Alvarado, 2009).

Gopnik y Meltzoff, Karmiloff-Smith (citados por Pozo, 2002), manifiestan que así como las teorías científicas acumulan datos durante largos períodos para sufrir ocasionales “revoluciones conceptuales”, las teorías específicas de dominio podrían someterse, dadas las experiencias adecuadas, a una dinámica de cambio similar. Los partidarios de este enfoque suelen defender que los procesos de cambio teórico son los mismos en el caso del conocimiento cotidiano y científico, al menos desde el punto de vista cognitivo (p.259).

Las investigaciones en el aprendizaje de las ciencias han estado interesadas en comprender qué sucede con las ideas iniciales de los estudiantes, algunos autores proponen que estas ideas no cambian abruptamente, es el caso de Duit, R y Treagust D. (2003), quienes afirman que los estudiantes no entran a la instrucción científica sin conocimiento previo o creencias sobre los fenómenos y conceptos a ser enseñados; los estudiantes ya tienen concepciones profundamente arraigadas e ideas que no están en armonía con las visiones científicas o incluso están en

contraste severo con ellas. Según los autores anteriores, se usa el término cambio conceptual para referirse al hecho de que las estructuras conceptuales de los estudiantes antes de la instrucción se deben reestructurar fundamentalmente para permitir el entendimiento de los conceptos científicos.

Es importante tener en cuenta que la mayoría de los estudios muestran que las ideas de los estudiantes permanecen vivas en contextos particulares; es decir, las ideas previas no se extinguen completamente para ser remplazadas por la visión científica. Algunos autores como Chinn, Brewer, Gilbert & Jung (citados por Duit & Treagust, 2003); proponen que lo que podría lograrse es un “cambio periférico” en aquellas partes de la idea inicial que se unen con las partes de la nueva idea para formar un tipo de híbrido entre estas ideas, unos lo asumen como un cambio conceptual radical, otros como un cambio conceptual evolutivo.

El modelo de cambio conceptual planteado por Posner, Strike, Hewson & Gertzog propone una visión clásica del cambio conceptual, la cual considera que “el cambio se inicia cuando se presenta la insatisfacción del estudiante con una concepción previa y tiene a disposición una concepción reemplazante y ésta es inteligible, plausible y/o fructífera (útil), la acomodación de la nueva concepción se llevaba a cabo” (Duit & Treagust, 2003).

El modelo piagetiano/poperiano de conflicto cognitivo, y el modelo kuhniano de Posner sugieren el cambio conceptual como un reemplazo de una concepción por otra en la estructura cognitiva del aprendiz o por lo menos, así son interpretados por muchos investigadores y docentes. Moreira & Greca (2003) consideran que:

“Este tipo de cambio conceptual no existe. Estamos hablando de cambiar concepciones alternativas aprendidas de modo significativo, resistentes al cambio o sea, por aprendizaje significativo. Estamos refiriéndonos a concepciones alternativas resistentes al cambio, una vez que esos significados son productos de aprendizajes significativos ellos no son “borrables”, por ello es una ilusión pensar que un conflicto cognitivo y/o una nueva concepción plausible, inteligible y fructífera conducirá al reemplazo de una concepción alternativa significativa. Cuando las estrategias de cambio conceptual son bien sucedidas, en términos de aprendizaje significativo, lo que hacen es agregar nuevos significados a las concepciones ya existentes, sin borrar o reemplazar los significados que ya tenían. O sea, la concepción se torna más elaborada, o más rica, en términos de significados agregados a ella, o evoluciona sin perder su identidad (p.305)”

Oponiéndose a la visión clásica, Duit y Treagust, Vosniadou e Ioannides y Pozo, (citados por Limón, M., 2005) consideran que lo que sucede es algún tipo de reestructuración y en este sentido proponen un cambio gradual de las ideas de los estudiantes. Vosniadou y Ioannides argumentan que las aproximaciones de cambio conceptual del modelo clásico ponen demasiado énfasis en visiones súbitas facilitadas sobre todo por el conflicto cognoscitivo. Estos autores proponen que el aprendizaje de la ciencia debe verse como un proceso gradual durante el cual las estructuras conceptuales iniciales basadas en las interpretaciones de los estudiantes de las experiencias cotidianas se enriquecen y se reestructuran continuamente, además, afirman que el cambio conceptual involucra la conciencia meta conceptual de los estudiantes, esto es, los estudiantes podrán sólo aprender conceptos y principios científicos si están conscientes sobre el cambio de sus visiones meta conceptuales iniciales hacia las perspectivas meta conceptuales del conocimiento científico.

Pozo (1999), Pozo & Gómez (2006), también proponen que “el cambio conceptual no implica abandonar los procesos y contenidos de la ciencia intuitiva sino más bien integrar jerárquicamente esas formas de representar y concebir el mundo en un nuevo sistema de conocimiento científico en el que adquieren un nuevo significado. Una integración jerárquica de las diversas formas de conocimiento cotidiano y científico”(p.247). Adquirir conocimiento científico requiere entonces, de una enseñanza que ayude a los estudiantes a reconstruir y reescribir sus ideas previas, situándolas en un nuevo marco conceptual, pero sin abandonarlas ya que ellas han sido útiles personal y culturalmente.

Moreira (2003) comenta que: “Es tiempo, en definitiva, de abandonar el término “cambio conceptual” y modelos que lo sugieren como “reemplazo conceptual”. Es tiempo de darse cuenta que evolución, desarrollo, enriquecimiento conceptual y discriminación de significados son ideas más promisorias porque no implican cambio de conceptos o de significados. Por otro lado, ellas implican aprendizaje significativo. O sea, como las concepciones alternativas resultan de aprendizajes significativos, la evolución de estas concepciones hasta concepciones más cercanas al conocimiento científico, sólo puede resultar de estrategias de aprendizaje significativo” (p. 312).

Las ideas planteadas anteriormente referidas a lo gradual del cambio, sugieren aspectos relevantes para tenerse en cuenta en la enseñanza de conceptos científicos; en primer lugar, las ideas iniciales de los estudiantes son ideas cuya permanencia es muy fuerte porque han sido útiles para resolver situaciones que se les han presentado; en segundo lugar, en la enseñanza deben tenerse en cuenta estas ideas y una manera de hacerlo es a través de las representaciones

que de ellas hagan los estudiantes; en tercer lugar la enseñanza de conceptos científicos debe apostar a enriquecer esas ideas iniciales y no pretender sustituirlas por otras nuevas, suponiendo un cambio radical, para ello se deben proponer situaciones que le permitan a los estudiantes un acercamiento al conocimiento científico, como se sabe, las representaciones aportan información sobre las ideas de los estudiantes pero también a partir de la construcción y uso de nuevas representaciones es posible que los estudiantes identifiquen aspectos que no habían tenido en cuenta antes y de esta manera logren hacer una elaboración mucho más completa del concepto trabajado.

3.3. Reacciones Químicas

Para abordar el concepto de reacción química se hará un recorrido a través de la historia, con la finalidad de rastrear el concepto en sus diferentes etapas, teniendo en cuenta avances y dificultades que se fueron superando a medida que el concepto fue evolucionando como uno de los conceptos científicos importantes en el desarrollo de la química. Desde la antigüedad; en Grecia, Mesopotamia, Egipto entre otras culturas, se desarrollaron ciertas operaciones metalúrgicas, aunque no se comprendían y se desconocía su mecanismo. En esta época surgió un conflicto filosófico, en el cual, se tenía por un lado, la idea de que los objetos naturales se encontraban en continuo cambio y por otro, se tenía la creencia absoluta en que había una permanencia asociada a los objetos reales, para resolver este conflicto, se ideó el concepto de átomo invisible como constituyente del universo y la interpretación de los cambios observados en función de sus movimientos.

En la edad media, la alquimia tuvo gran relevancia, durante esta etapa predominaba la idea sobre la transmutación de los metales basada en el hecho que todos los materiales están formados por una determinada proporción de las cualidades fundamentales de los cuatro elementos originarios, y que variando estas proporciones tenía que ser posible transmutar una especie en otra. En la época del Renacimiento, cuando se dio el nacimiento de la química moderna como ciencia, un aspecto que contribuyó en gran medida a avanzar en su desarrollo fue la aplicación del método científico por parte de los químicos de la época. Se destacan los trabajos de Robert Boyle (1627-1691) quien entre otras cosas introdujo el método analítico, atacó la teoría de los cuatro elementos, estudió el comportamiento de los gases, definió el ácido como la sustancia que puede hacer variar el color de ciertos jugos vegetales y analizó sales por medio de reacciones de identificación.

Durante el siglo XVII, proliferaron las interpretaciones corpusculares y mecanicistas de los fenómenos físicos; la química era una ciencia considerada menor entre los científicos de esta época y se encontraba supeditada a la Física y a la Medicina, por lo que no es de extrañar que los fenómenos químicos se intentaran explicar en términos de corpúsculos que se asociaban según su forma y tamaño y más adelante considerando fuerzas de atracción y repulsión entre ellos del tipo de las descritas por Newton; pero en una posición totalmente opuesta se encontraban los no corpuscularistas como Stahl (1660-1734), que era un médico iatroquímico al servicio del rey de

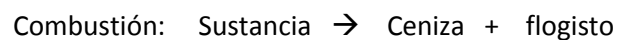
Prusia¹, dado que su formación estuvo inmersa en la corriente derivada del paracelsismo, Stahl sólo admite la formación de sustancias por combinación de dos principios: el agua y la tierra. Desde este punto de vista se puede explicar la reacción entre un ácido y un metal, suponiendo que ésta es posible porque poseen un principio común.

En cambio según la teoría corpuscular, ocurría porque entre los corpúsculos del metal hay huecos, (establecen los espacios vacíos entre los átomos) que permiten que los corpúsculos del ácido penetren en ellos terminando por romper su estructura original (se establece que están unidos por enlaces químicos, los cuales se rompen, reordenan y forman un nuevo compuesto), propiciando una nueva reorganización de todas estas partículas. Otra posible explicación se puede dar, suponiendo que entre el ácido y el metal se crean unas fuerzas de atracción de tipo newtoniano, que hacen que las dos sustancias se combinen formando otra. Estos tres enfoques distintos son los que predominaban en la Europa del siglo XVII y principios del XVIII.

A partir de los estudios que ya existían por esta época (Siglos XVII-XVIII), era posible identificar dos teorías rivales que competían en la explicación de la reacción química; la del flogisto y la del oxígeno; hasta el momento en todos los procesos de transformación de metales la utilización del fuego adquiría un papel fundamental, de modo que para el químico del siglo XVII el fuego era el instrumento que permitía transformar los metales y desarrollar combustiones. Para proponer una teoría explicativa y globalizadora de las observaciones que se

¹La Iatroquímica era una parte de la alquimia asociada a la Medicina que se ocupaba de la elaboración de medicamentos tanto de origen vegetal como mineral. Sus raíces las podemos encontrar en el paracelsismo, que conoció un gran auge durante el s. XVI en toda Europa.

tenían hasta entonces sobre la combustión, los químicos alemanes J.J. Becher (1635-1734) y G. E. Sthal (1660-1734) plantean la teoría del flogisto. Dicha teoría suponía que las sustancias combustibles y también los metales contienen un “principio inflamable” denominado flogisto, el cual se desprende durante los procesos de calcinación y combustión pasando de unos cuerpos a otros. Es posible representar los procesos de calcinación y combustión por las siguientes ecuaciones:



La combustión es concebida como el proceso de liberación a la atmósfera del flogisto contenido en la sustancia, dando lugar a un residuo (denominado ceniza o cal), se aceptaba que cuanto más inflamable fuera una sustancia mayor sería su contenido de flogisto. El mayor éxito de la teoría del flogisto fue que permitió unificar los procesos de combustión y calcinación, a la vez, explicaba el proceso de reducción de los metales, ya que, según dicha teoría, al calentar la cal de un metal con una sustancia más rica en flogisto (carbón, considerado como flogisto casi puro) el metal recupera el flogisto y se “revivifica,” esquemáticamente podemos representar este proceso:

$$\text{Cal} + \text{Carbón} \rightarrow \text{Metal.}$$

Sin embargo dicha teoría dejaba planteado un serio problema; ¿por qué al calcinar un metal, su cal pesa más si se ha perdido el flogisto? Encontrar una respuesta aceptable desde la perspectiva del flogisto no era posible (se decía que el flogisto tenía un peso negativo); a pesar de sus limitaciones, muchos investigadores, impulsados por la teoría del flogisto, realizaron numerosos experimentos encaminados a estudiar todo tipo de combustiones y recoger los “aires” que se desprendían con la finalidad de analizarlos.

A partir de un estudio publicado en 1723, Rouelle que también mostro interés por la teoría del flogisto propuso algunas transformaciones; él asoció el flogisto con el fuego, al que le asignó un doble papel, por un lado era un componente más de la materia y por otro era un instrumento que permitía alterar el estado físico de ésta. Además consideró que el aire era un elemento más a tener en cuenta y le dio un papel químico destacado. Siguiendo con el estudio de las reacciones químicas, y teniendo en cuenta el interés que se empezaba a desarrollar por parte de los químicos de la época con relación al estudio de los gases desprendidos de ellas, se destacan los trabajos de Hales (1677-1761), Joseph Black (1728-1799), Joseph Priestley (1733-1804). Por esta época era conocido el hecho de que cuando se vertía ácido sobre los carbonatos (tierras calcáreas), se producía una efervescencia cuyo origen en aquel momento era desconocido, y si eran calcinados se obtenía una cal muy caustica soluble en agua.

Black, continuando con el trabajo a partir de las tierras calcáreas, utilizó carbonato de magnesio (conocido como magnesia alba) y notó que presentaba un comportamiento algo anómalo con respecto al de las restantes tierras calcáreas, observó que cuando la magnesia se calcinaba, originaba un producto insoluble en agua y no cáustico (MgO) y se desprendía un gas, que denominó “aire fijo” (que hoy conocemos como dióxido de carbono); en aquel momento se desconocía la composición del aire y la existencia de los distintos gases tan familiares para nosotros, como el oxígeno y el dióxido de carbono, que era el que en realidad se desprendía en aquella reacción. Lo mismo ocurría cuando se calcinaban otras tierras calcáreas, pues también desprendía cierta cantidad de aire fijo (dióxido de carbono), si la reacción se producía empleando

un ácido en vez de suministrar calor, sucedía lo mismo que con cualquier otra tierra calcárea y también se conseguía el desprendimiento de aire fijo.

Después de muchos experimentos con estas tierras, se llegó a la conclusión de que la causa de la causticidad de la cal viva no se encuentra en una sustancia procedente del fuego empleado en la calcinación, como se pensaba hasta entonces, sino que debía ser una propiedad intrínseca de los cuerpos calcinados, también cuando estudiaba la descomposición térmica de la piedra caliza, advirtió que se formaba cal y se liberaba un gas, llamó su atención que la cal producida en esta reacción, expuesta al aire regeneraba la caliza; era la primera vez que se tenía una clara evidencia acerca de la reversibilidad de un proceso químico y por otra parte se ponía de manifiesto que el aire debía contener al gas que luego se fijaba a la cal para "devolver" la caliza. Pero la concepción del aire como elemento inerte impedía penetrar en la esencia del proceso. Su discípulo Daniel Rutherford (1749-1819) llevó más lejos estos experimentos demostrando que en un aire "saturado de flogisto" tampoco lograba sobrevivir un ratón. Es la primera vez que se obtiene un nexo entre la combustión de una sustancia y la respiración de un animal, aclarar esta relación exigía romper con la noción de que el aire era un elemento inerte en el cual se portaba o transportaba el flogisto.

Con relación al estudio del comportamiento de las sustancias con otras, en 1718 Étienne François Geoffroy, subyacía la idea de predecir el comportamiento químico de las especies mediante la cuantificación de la afinidad, hecho que dado el carácter cualitativo de sus trabajos, en ese momento, no resultaba posible. Algunos químicos, entre ellos Bergman (1715-1784) hicieron del

estudio de las afinidades un objetivo primordial y trataron de encontrar métodos fiables para su medida, los trabajos de Bergman sobre las reacciones constataron que, en la mayoría de los casos, la cantidad añadida de cada reactivo también influye en el hecho de que se produzca o no una reacción.

Nuevas y relevantes aportaciones sería realizadas en la década de 1770 – 1779, por el químico inglés J. Priestley (1733-1804) y el sueco K.W. Scheele (1742-1786), descubrieron, de forma independiente, la existencia de un “aire” que avivaba el fuego, que fue denominado por Priestley “aire desflogisticado” y que lo obtuvo en 1774 al calentar la cal roja de mercurio en un recipiente cerrado y sin emplear fuego como fuente de calor. Priestley supuso que el aire desflogisticado, tenía afinidad por el flogisto y durante los procesos de combustión era capaz de absorberlo; la reacción a partir de la cual obtuvo el mercurio partiendo de su cal le hizo plantearse un problema y era saber de dónde provenía el flogisto necesario para llevarla a cabo, pues hasta ese momento se creía que lo proporcionaba el carbón empleado en la combustión, pero en ese caso no se había utilizado tal combustible, ya que la cal se había calentado haciendo incidir sobre la misma los rayos de luz solar concentrados por una lupa. Por esta misma época y de manera independiente Scheele (1742-1786) también había obtenido el oxígeno por un camino diferente al de Priestley; tratando la pirolusita (dióxido de manganeso) con ácido sulfúrico concentrado, al estudiar las propiedades del nuevo aire, llegó a las mismas conclusiones que Priestley. Ambos fueron defensores de la teoría del flogisto.

El conocimiento de los experimentos realizados por Priestley y Scheele permitió al químico francés Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794) interpretar de forma distinta el proceso de combustión y con ello iniciar una revolución en la química. Realizó varios experimentos destinados a analizar la naturaleza del aire desflogisticado, introduciendo en sus experimentos cuidadosas medidas de la masa y el volumen de las sustancias participantes. El análisis de sus resultados experimentales le sirvió para establecer que “el aire desflogisticado es la porción más pura del aire atmosférico”, identificándolo como un elemento químico al que denominó “oxígeno”, la idea de que el aire no era una sustancia pura sino una mezcla, suponía un duro golpe para la teoría del flogisto.

El oxígeno es para Lavoisier el elemento responsable de la combustión, de la calcinación y portador de las propiedades ácidas (de ahí su nombre, del griego, generador de ácidos). Según Lavoisier, el proceso de calcinación o combustión consiste en la combinación de una sustancia con el oxígeno del aire, mientras que la reducción de un óxido metálico es una consecuencia de la pérdida del oxígeno dando lugar al metal.

Combustión o Calcinación: Sustancia + Oxígeno → Óxido

Reducción del óxido de un metal: Óxido metálico + Carbón → Metal + nueva sustancia

La teoría propuesta por Lavoisier para explicar la combustión no fue fácilmente aceptada en una comunidad formada por la teoría del flogisto (denominada por ciertos químicos, la sublime teoría). Prueba de ello es que los propios descubridores del oxígeno (Priestley y Scheele)

negasen su existencia como tal; no obstante, con el tiempo la teoría de Lavoisier se fue consolidando e impulsó una profunda reforma en la química (Martínez, F.).

Lavoisier también notó, que si en el curso de los experimentos se tenían en cuenta todas las sustancias que tomaban parte en la reacción química y todos los productos formados, nunca habría un cambio de masa. Por eso, Lavoisier mantuvo que la masa no se creaba ni se destruía, sino que simplemente cambiaba de unas sustancias a otras. Esta es la ley de la conservación de la masa que sirvió de piedra angular a la química del siglo XIX.

Fue también durante esta época en que las explicaciones de las reacciones químicas que fueron durante muchos años un misterio, quedaron justificadas por Mayow, quién lo explicó mediante la idea de una fuerza de atracción de intensidad variable, existente entre los compuestos. Berzelius (1779-1848) explicó también las reacciones químicas con la idea de la fuerza de atracción eléctrica entre cargas positivas y negativas.

En la difusión de la teoría atómica de Dalton 1803, a pesar de sus evidentes imprecisiones y errores, resultó de suma importancia ya que por primera vez los químicos manejaban conceptos nuevos: se cuantificaron los átomos, se concretó el concepto de elemento, se determinó que la formación de un compuesto tiene lugar siguiendo unas leyes claras de las reacciones químicas las cuales son:

- Ley de Lavoisier o de conservación de la masa, publicada en el 1789: en un sistema aislado la masa se mantiene constante, lo que implica que la masa total de reactivos es igual a la masa total de las sustancias que se obtienen tras la reacción.
- Ley de Proust, publicada en el 1801: cuando dos o más sustancias simples se combinan para formar un determinado compuesto, lo hacen siempre manteniendo la misma proporción entre las masas.
- Ley de Dalton, publicada en el 1803: cuando dos sustancias simples se combinan, y al hacerlo pueden formar más de una sustancia (compuesto), los pesos de una de ellas que se combinan con un peso fijo de la otra, guardan entre sí una relación dada por números sencillos
- Ley de los volúmenes de combinación o de Gay-Lussac, publicada en el 1809: cuando se produce una reacción química en la que intervienen gases, los volúmenes de las sustancias gaseosas que intervienen la reacción, guarda entre sí una relación dada por números sencillos.

La teoría atómica de Dalton, publicada en 1810 plantea los siguientes postulados:

1. La materia está formada por átomos indivisibles e indeformables
2. Las sustancias compuestas están formados por átomos compuestos
3. Todos los átomos de una sustancia pura son idénticos y por lo tanto tiene la misma masa e idénticas sus demás propiedades.
4. Los átomos de distintas sustancias tienen diferentes la masa y las demás propiedades (por ejemplo el tamaño, etc.)

5. Cuando se produce una reacción química, los átomos, puesto que son inalterables, ni se crean ni se destruyen, tan solo se distribuyen y organizan de otra forma.

Una reacción química es un proceso en el que una o más sustancias, que toman el nombre de reactantes, se transforman en otras sustancias diferentes, es decir, los productos de la reacción. Un ejemplo de reacción química es la formación de óxido de hierro producida al reaccionar el oxígeno del aire con el hierro. Dichas reacciones pueden ser reversibles o irreversibles; las primeras, son las que al haber pasado de reactantes a productos, puede pasar nuevamente de producto a reactivo, es decir volver a su estado inicial; las segundas por su parte, son aquellas que no son capaces de regresar a su estado original luego de la reacción.

El concepto de “reacción química” constituye un concepto estructural y central de la química, en este sentido, es importante que los estudiantes interpreten una reacción química utilizando el modelo de partículas y esencialmente la conciban como una reorganización de los átomos, que implica la ruptura y formación de enlaces químicos, conduciendo ello a la producción de nuevas sustancias.

3.3.1. Definición macroscópica de reacción química.

Una definición de reacción química en este nivel, tiene en cuenta aspectos que son evidentes desde la percepción de cambios a través de los sentidos, en tal caso es común que se relacione a

la reacción química con la mezcla de sustancias y que se la conciba como el proceso en que dos o más sustancias reaccionan y forman otras sustancias. Muchos estudiantes suelen sostener la idea de que una reacción química tiene que ver con “mezclar sustancias”, por lo cual conciben al cambio químico como el proceso en que dos o más sustancias reaccionan y forman otras sustancias y no admiten la posibilidad de que se pueda partir de una sustancia sola, por ejemplo una descomposición química Casado y Raviolo (citado por Raviolo, Garritz & Sossa, 2011); poco se menciona en la enseñanza que la mezcla de sustancias es un paso previo y necesario, pero no suficiente, para que se produzca una reacción química (Furió y Domínguez, 2007).

Chang (citado por Raviolo, et al. 2011) plantea que la reacción química es el proceso en el cual una sustancia o más sustancias cambian, para formar una o más sustancias nuevas. Al igual que esta definición macroscópica propuesta por el autor, muchos estudiantes afirman que se lleva a cabo un cambio en las sustancias iniciales; lo que se hace evidente en algún cambio de color, producción de burbujas, cambio de temperatura, etc. y que durante ese cambio se han producido nuevas sustancias; hay una transformación de las sustancias iniciales (reactivos) en las sustancias finales (productos) pero en ningún caso se menciona qué es lo que hace posible dicho cambio, qué hace posible el cambio de color, la producción de burbujas, el cambio de temperatura.

Raviolo, et al. (2011) propone que “la reacción química es un proceso en el cual una sustancia o varias sustancias se forman a partir de otras” (p.248). En esta definición macroscópica de reacción química también se pueden diferenciar unas sustancias finales que se forman a partir de unas iniciales; hay una transformación, pero como se puede notar no hace referencia que vaya más allá de lo observado.

3.3.2. *Definición nanoscópica de reacción química.*

Ya que el concepto de reacción química es considerado como uno de los conceptos estructurantes de la química, es importante que los estudiantes la interpreten utilizando el modelo de partículas (nivel nanoscópico) y por lo tanto que la consideren esencialmente como un reacomodamiento de los átomos. Mosquera, Ariza & Reyes, (2000) proponen que el reacomodamiento de los átomos o moléculas de las sustancias iniciales o reactivos en las resultantes o productos, se representan por medio de las ecuaciones químicas que nos informan cuáles son los reactivos, cuáles los productos, sus estados físicos y la proporción en que se combinan.

En el nivel nanoscópico las representaciones tienen por objeto el desarrollo de modelos para explicar las causas de los fenómenos, dichos modelos involucran entidades como átomos, iones, moléculas; algunas de las definiciones de reacción química encontradas en este nivel las propone Raviolo, et al (2011) al considerar las reacciones químicas como un cambio que implica redistribuciones de electrones o átomos para formar productos diferentes de los compuestos de partida o también consideran a la reacción química como un proceso en el cual los átomos de las moléculas reactivas se arreglan hasta formar moléculas de los productos. Estas definiciones aunque construidas teniendo en cuenta redistribuciones de átomos y moléculas no han considerado aquellas sustancias formadas por iones, por lo tanto, sugieren una definición más completa en los siguientes términos: reacción química es un proceso en el que hay una redistribución de los átomos o iones formándose otras estructuras (moléculas o redes) diferentes (p. 245).

Otro aspecto considerado en el nivel nanoscópico y que permite caracterizar a las reacciones químicas considera que durante los cambios que suceden cuando ocurre una reacción química, cambian las sustancias pero los tipos de átomos de los elementos involucrados se conservan; esto es posible gracias a que las partículas colisionan presentándose rupturas y nuevas atracciones, es decir, rompimiento y formación de enlaces. Teniendo en cuenta que son los átomos los que sufren una reorganización, se conservan los elementos, la masa, el número de átomos, la energía y la carga.

Los estudiantes en este nivel, también pueden relacionar los cambios en las propiedades que observan en el mundo macroscópico con la distribución de los electrones en cualquier unión, según Gilbert y Treagust (2009), esto se puede visualizar cuando hacen uso de representaciones como las fórmulas de Lewis o cuando construyen ejemplos utilizando bolas y palos (es decir en tres dimensiones).

CAPITULO 4. METODOLOGÍA

4.1. Categorías

A partir de la problemática que se aborda surgen tres categorías, a saber: Representaciones semióticas, cambio conceptual y reacción química.

La categoría reacción química se asume como interviniente.

Tabla 1 Categorías para el análisis de información relacionadas con el concepto reacción química.

<i>CATEGORÍAS</i>	<i>DIMENSIONES</i>	<i>INDICADORES</i>	<i>INSTRUMENTO</i>
REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS.	*Tipos de representaciones semióticas que manejan los estudiantes sobre reacciones químicas.	Las representaciones semióticas que tienen los estudiantes sobre reacciones químicas.	Cuestionario inicial y final
		*aporte de las representaciones semióticas al concepto reacción química en estudiantes de básica secundaria.	Cuestionario inicial y final.
	*Tratamiento que dan los estudiantes a las representaciones semióticas a partir de una unidad didáctica desarrollada.	*nuevas representaciones incorporadas del concepto.	*Unidad didáctica *Análisis *Interpretación *Contrastación de datos.
CAMBIO CONCEPTUAL.	*Cambio de las estructuras conceptuales de los estudiantes a partir de sus representaciones	*Nuevas representaciones del concepto.	*Análisis de información recolectada en el desarrollo de la investigación, cuestionario inicial y final
REACCIÓN QUÍMICA.	*Aproximación al concepto científico de reacción química.	*representaciones semióticas del concepto reacción química.	*Concepto de reacción química.

Con la información obtenida de los instrumentos se construyeron las redes semánticas aplicando el siguiente cuadro.

Tabla 2 Categorías para el análisis de información relacionadas con las representaciones semióticas sobre reacción química.

CATEGORIAS	SUBCATEGORIAS	INDICADORES
CONCEPTO REACCIÓN QUÍMICA	Cambio Químico	Como cambio de color, olor, producción de gases, formación de precipitado, variación de la temperatura. En las propiedades
	Ecuación Química	Fórmulas químicas. Se señala en la ecuación química mediante una flecha en donde están los reactivos y productos, estos pueden estar en símbolos o letras.
	Interacción de sustancias	Cuando los reactivos y productos se combinan generando una nueva sustancia o producto (o varias)
	Enlace Químico	Rompimiento y /o formación de enlaces químicos los átomos se reordenan formando sustancias químicas con propiedades y características distintas
	Teoría Corpuscular	Reorganización de moléculas. Reorganización de moléculas. Los átomos están en continuo movimiento – chocan generando atracciones y repulsiones para romper y formar moléculas Reorganización de moléculas. Los átomos son redistribuidos, Cambio de la composición molecular de las sustancias.
REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS	Nivel macroscópico	* Representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa.
	Nivel microscópico	* Modelo particulado de la materia. Esquema de partículas (esferas)
	Nivel simbólico	1. Símbolo del elemento 2. Fórmula 3. Ecuación química 4. Ecuación estequiométrica 5. Expresiones matemáticas 6. Estructura de Lewis 7. Gráficos 8. Dibujos 9. Textual 10. Bolas y palos 11. Definiciones
CAMBIO CONCEPTUAL	-Tipo de representaciones. -Estructura lógica del concepto. -Uso del lenguaje.	Representaciones semióticas.

4.2. Diseño Metodológico

Para responder a la pregunta de investigación ¿Qué cambios a nivel representacional son indicadores del aprendizaje del concepto Reacción Química en estudiantes de educación media?, se propone el diseño que se presenta a continuación.

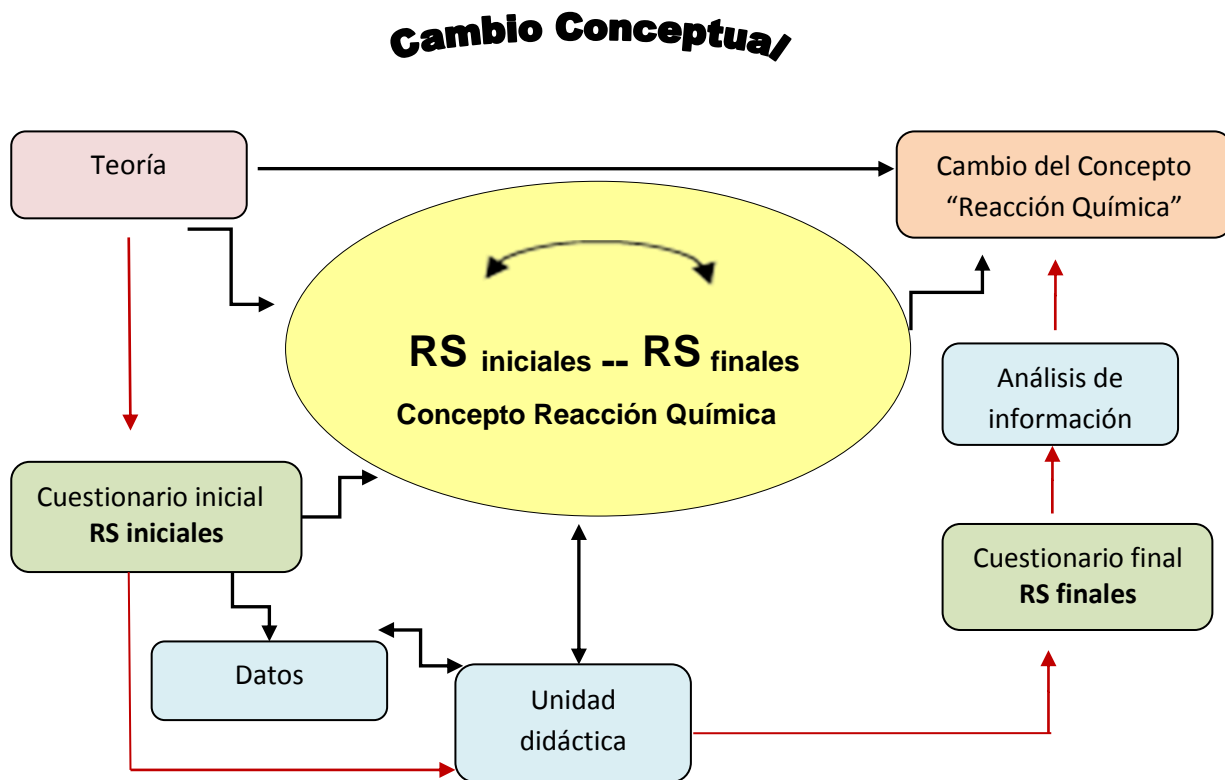


Figura 1 Diseño metodológico en el cual se indica el recorrido investigativo del problema.

En la figura 1, el diseño propone que la teoría da elementos para interpretar una situación que se presenta en el aula e identificar en ella el problema de investigación, además aporta elementos para el diseño del cuestionario inicial (Ci)² que servirá para identificar las representaciones semióticas sobre el concepto de reacción química que tienen los estudiantes de educación media (grado 10), los datos que son arrojados por el cuestionario inicial, sirven de base para el diseño de las actividades de la unidad didáctica que busca propiciar múltiples representaciones sobre el concepto de reacción química, se aplicará el cuestionario final (Cf)³ para comparar los datos obtenidos en él con los datos iniciales y determinar cómo cambió el concepto de reacción química a través del uso de múltiples representaciones, la unidad didáctica, será evaluada a través de un cuestionario final para verificar el trabajo con diversas representaciones y su contribución al cambio del concepto de reacción química.

4.3. Enfoque metodológico.

El enfoque de la investigación es cualitativo, busca describir cómo sucede un proceso educativo que involucra las representaciones y el cambio conceptual. El diseño metodológico se ubica dentro de un Estudio de Caso instrumental, porque “pretende aportar información o el refinamiento de una teoría, puede ser seleccionado como típico de otros casos o no; la selección se realiza para adelantar en la comprensión de lo que nos interesa”. Stake (1995).

²En adelante se usará (Ci) para referirse al cuestionario inicial.

³En adelante se usará (Cf) para referirse al cuestionario final.

Desde el punto de vista cualitativo, las técnicas que se utilizan para la recopilación y análisis de los datos tienen como objetivo descubrir e interpretar el conocimiento (Merriam, 1988) a partir de la observación sistemática de las acciones de los estudiantes, relacionadas con la interacción, con las representaciones semióticas, lo cual tiene como objetivos describir, explicar y ayudar en el entendimiento del fenómeno bajo estudio. Se trata de un diseño empírico que investiga un fenómeno que se presenta en el aula de clase, de carácter contemporáneo dentro del contexto de la realidad escolar.

4.4. Unidad de Análisis.

La relación entre la construcción de múltiples representaciones y el cambio del concepto de reacción química en estudiantes de grado 10 de la Institución Educativa Belisario Peña Piñero de Roldanillo Valle del Cauca, distribuidos en 5 grupos de 30 estudiantes, de los cuales, aleatoriamente se tomó un grupo como unidad de trabajo, cursan el año lectivo 2010– 2011, las edades de los estudiantes están comprendidas entre 14 y 16 años, el grupo está conformado por mujeres (11) y hombres (19), y su estrato social es 2.

La unidad de trabajo a seleccionar no se considerará representativa del universo de alumnos que cursan química en el nivel seleccionado, por lo tanto no pretende llegar a abstracciones generales de carácter universal ya que “se concibe la realidad educativa como múltiple e intangible, por lo tanto, la investigación en este campo tenderá a divergir y no podrá determinarse una única verdad ni será posible la predicción ni el control (Colás Bravo y Buendía Eisman 1994).”

4.5. Método.

El método a utilizar en la presente investigación es cualitativo-descriptivo; ya que las interpretaciones son fuente esencial de datos se efectúa para describir en todos sus componentes principales una realidad. Este método es idóneo para el estudio puesto que su flexibilidad permitirá explicar y obtener un conocimiento a fondo sobre la problemática presentada a través de la observación, sobre el desempeño de los estudiantes al construir representaciones semióticas del tema en particular “reacción química”, como parte de la propuesta y desarrollo de la unidad didáctica, describiendo sus particularidades, habilidades o dificultades en la aplicación de la misma.

Se hará la indagación sobre las ideas que los estudiantes tienen sobre el concepto de reacción química, con el objeto de identificar y evaluar el tipo de representaciones que ellos tienen y qué tan cercanas están del concepto de reacción química, con ello se pretende tener un soporte para el diseño de la unidad didáctica. Una vez diseñada la unidad didáctica, se llevará a cabo el trabajo de aula, que permitirá recoger información sobre las nuevas representaciones o los cambios que ellas hayan tenido por medio de instrumentos diseñados para tal fin.

4.6. Unidad didáctica.

Para la construcción de la unidad didáctica se tuvo en cuenta las ideas previas de los estudiantes, las cuales se manifiestan en sus representaciones sobre el concepto de reacción química, para

conocerlas se diseñó la primera actividad sobre cambio físico y químico, que tenía por objetivo motivar al estudiante a identificar y diferenciar entre cambio físico y químico y su relación con las reacciones químicas. Analizada la información obtenida se plantea la siguiente actividad que consiste en la observación de los videos sobre experiencias de laboratorio (combustión de una vela y reacción del bicarbonato con ácido) y la realización de dichas experiencias, el análisis de ellas sirven de base para la construcción y aplicación del cuestionario inicial, y así conocer qué ideas manejan sobre el concepto y el tipo de representaciones construidas.

Esta información constituye el soporte para el diseño de la unidad didáctica en donde se proponen conceptos y tipos de representaciones que los estudiantes no manejan o explican con claridad y cómo las relacionan con el concepto, para estos aspectos se plantea la siguiente actividad que tiene por objeto propiciar diversas representaciones sobre el concepto reacción química, el docente hace la intervención para puntualizar y aclarar algunos aspectos relevantes sobre el concepto de reacción química que permitan enriquecer las ideas de los estudiantes y consideraciones sobre los niveles de representacionales macroscópico, nanoscópico y simbólico también se contempló en la unidad didáctica un aparte en la construcción de modelos (bolas y palos) para que el estudiante asociara la reacción química con la ruptura y formación de enlaces. En el desarrollo de las actividades se contempló la socialización, lo que permitió conocer las ideas y explicaciones de los estudiantes.

En la unidad didáctica se abordaron reacciones químicas, tipo, conceptos sobre reacción química, representaciones simbólicas, de Lewis, bolas y palos, de un mismo experimento para que el

estudiante relacionara distintas maneras de referirse a lo sucedido en la reacción química propuesta. El tiempo para el desarrollo de la unidad didáctica fue de 24 horas clase, los instrumentos utilizados en la unidad didáctica se contemplan en los anexos.

CAPITULO 5: ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

Las ideas presentadas por un grupo de estudiantes de grado décimo relacionadas con el concepto reacción química, fueron analizadas cualitativa y cuantitativamente, para el análisis cualitativo; las respuestas que los estudiantes plantearon a algunas preguntas propuestas fueron agrupadas en cinco categorías para la construcción de redes semánticas las cuales fueron comparadas teniendo en cuenta la información obtenida antes y después de una intervención didáctica que propiciara múltiples representaciones semióticas del concepto reacción química. Para conocer las ideas de los estudiantes sobre el concepto Reacción Química se plantearon dos situaciones relacionadas con dos experimentos; el primero consistía en encender una vela y considerar los diferentes momentos que acontecen hasta que se apaga y el segundo, se trató de la reacción entre el bicarbonato de sodio con el ácido clorhídrico (anexo 3).

La información proporcionada por los estudiantes fue clasificada teniendo en cuenta las categorías reacción química y representaciones semióticas, también para cada categoría se indican, subcategorías con palabras clave respectivas, como se indica en la tabla 3 y 4.

Tabla 3 Palabras clave para identificar las categorías para el análisis de información relacionadas con el concepto reacción química.

Categoría	REACCIÓN QUÍMICA				
Sub-categoría	CAMBIO QUÍMICO	ECUACIÓN QUÍMICA	ENLACE QUÍMICO	INTERACCIÓN DE SUSTANCIAS	TEORÍA CORPUSCULAR
Palabras clave	Producción de gas-burbujas	Símbolo químico	Molécula	Combinación de sustancias	Reorganización de moléculas.
	Humo – cambio de color	Fórmulas químicas	Estructura de Lewis	Combustión	Cambio de la composición molecular
	Precipitado – cambio en la temperatura		Formación de enlaces	Falta de oxígeno	Partículas
	Combustión		Rompimiento de enlaces	Mezcla de sustancias	
	Nueva sustancia		Los átomos se reordenan		

Tabla 4 Palabras clave para identificar las categorías para el análisis de información relacionadas con representaciones semióticas de reacción química.

Categoría	R. SEMIÓTICAS		
Sub-categorías	REPRES. SEMIÓTICAS MACROSCÓPICAS	REPRES. SEMIÓTICAS MICROSCÓPICAS	R.S.SIMBÓLICAS
Palabras clave	Experiencia sensorial directa.	Estructura de Lewis	Símbolo del elemento Ecuación estequiométrica
	Dibuja lo que ve	Los átomos se reordenan	Expresiones matemáticas Fórmula
	Manifestaciones externas como las ven	Reorganización de moléculas.	Ecuación química Estructura de Lewis Gráficos
		Cambio de la composición molecular	Dibujos Textual Definiciones
		Partículas	Bolas y palos

La clasificación anterior permitió el análisis cualitativo de las redes semánticas y con éste, el análisis cuantitativo; a partir del estudio realizado fue posible observar cómo los estudiantes iban enriqueciendo sus ideas y representaciones iniciales con otros aspectos que no tenían en cuenta al inicio de la unidad didáctica.

Para el análisis de información se relacionan tres casos de estudiantes escogidos aleatoriamente: E-8, E-21, E-31. Los estudiantes que participaron en este estudio se agruparon teniendo en cuenta su desempeño; el primer grupo, estudiantes con desempeño alto, el segundo, estudiantes con desempeño medio y el tercero, estudiantes con desempeño bajo, teniendo en cuenta los criterios establecidos para la asignatura de química en la institución donde se llevó a cabo el estudio.

5.1. Análisis de Estudiante E-8

A continuación se ilustra el caso particular del estudiante **E-8**.

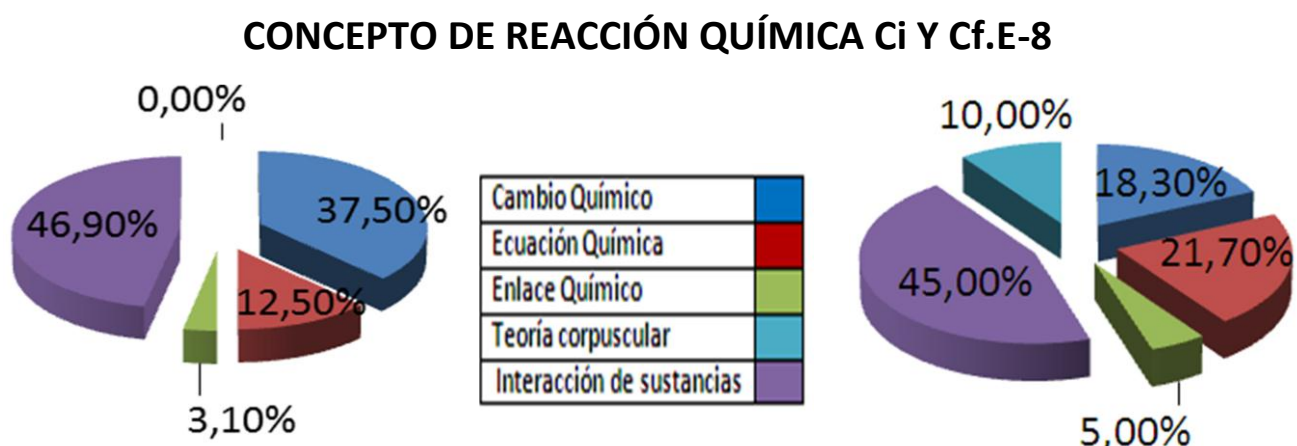


Gráfico 1 Distribución porcentual de las respuestas del estudiante (E-8) con respecto al concepto de reacción química en el cuestionario inicial (Ci) y el cuestionario final (Cf).

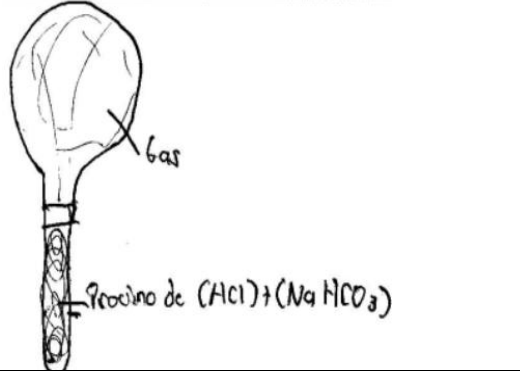
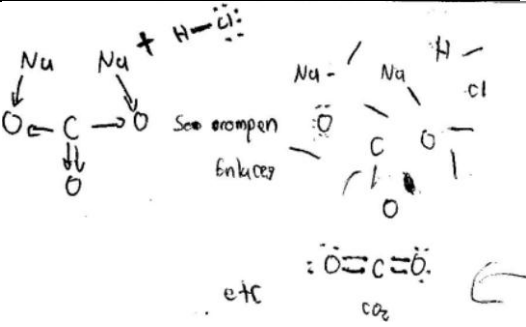
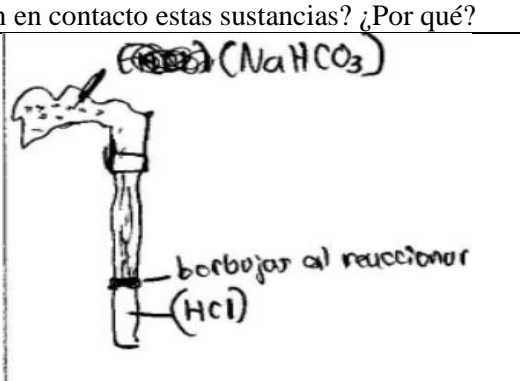
REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

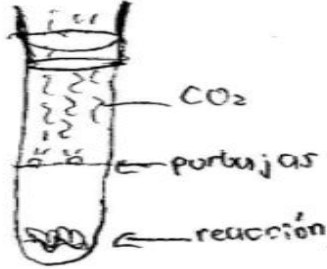
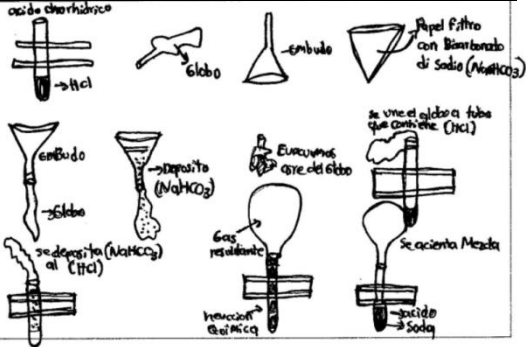
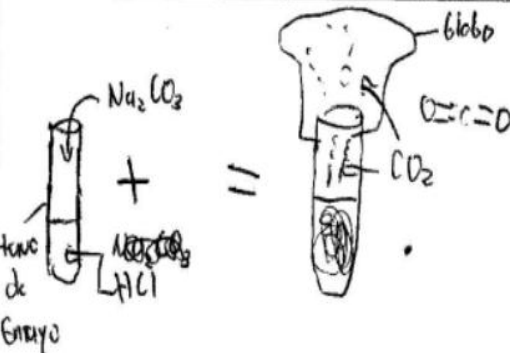
Los resultados obtenidos en el cuestionario inicial nos muestran la tendencia a explicar el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, en un 46,9 %, también concibe la reacción química como un cambio químico en un 37,5%, la explica en términos de la ecuación química en un 12,5% y con respecto al enlace químico la considera en un 3,1%.

Posterior a la aplicación de la unidad didáctica se muestra una tendencia a mantener el concepto de reacción química con relación a la interacción de sustancias en un 45.0%, para la consideración del cambio químico en relación con la reacción química, se presenta una disminución en su frecuencia pasando del 37,5% al 18,3%, además considera aspectos relacionados con la teoría corpuscular en un 10% y las explicaciones para la reacción química que guardan relación con la ecuación química pasaron del 12,5% al 21,7%. Los resultados anteriores reflejan que el estudiante incorpora el nivel microscópico en las consideraciones finales que hace del concepto de reacción química, ya que ha incluido aspectos relacionados con otras subcategorías como enlace químico, ecuación química y teoría corpuscular.

Para ilustrar mejor estos aspectos, en la tabla 5 se muestran algunas de las respuestas y representaciones consideradas por el estudiante E-8 en la prueba de análisis en el cuestionario inicial.

Tabla 5 Respuestas y representaciones del estudiante E-8 en la prueba de análisis del Ci y Cf.

¿Qué gas se formó y de dónde provino?	Concepto de reacción química.	Representación semiótica.
Cuestionario inicial (Ci).	Se formó un gas, no se la fórmula y provino de la combinación del (HCl) + (NaHCO ₃) Dibuja: tubo de ensayo, precipitado, sobrenadante, burbujas que ascienden e inflan el globo.	
Cuestionario final (Cf).	Se formó el CO ₂ (dióxido de carbono) de la combinación del Na ₂ CO ₃ (bicarbonato de sodio) con el HCl (ácido clorhídrico). Dibuja: Estructura de Lewis	
Cuestionario inicial	¿A qué se debe la formación de burbujas cuando se ponen en contacto estas sustancias? ¿Por qué? Se debe a la mezcla entre estas sustancias por su composición química y sus compuestos que deben ocasionar la reacción de expandir y ocasionar aire. Dibuja un tubo de ensayo con el globo y sus ingredientes, posteriormente otro pero con el globo inflado y en él un precipitado y líquido.	

<p>Cuestionario final</p>	<p>A la combinación de estos elementos, ocasionando una combustión, el líquido se oxigena y ocasiona burbujas y generando un nuevo gas llamado CO₂.</p> <p>Representación del carbono y 2 oxígenos unidos entre si y cada uno al carbono. Escribe que hay un triple enlace doble y completan la ley del octeto los oxígenos.</p>	<p>$Na_2CO_3 + HCl \rightarrow CO_2$</p> 
<p>Cuestionario inicial</p>	<p>Un cambio químico. ¿Por qué?</p> <p>Porque cuando se mezclaron formaron un gas que se llama Dióxido de carbono. Indica con gráficos y letras todo el proceso realizado en el laboratorio con los reactivos y materiales</p>	
<p>Cuestionario final</p>	<p>No puede ser recuperado completamente, ni ser separado el HCl del CaCO₃, además fue generado un nuevo compuesto el cual fue CO₂. Menciona que las partículas de bicarbonato generan en su descomposición el CO₂.</p>	

En el cuestionario inicial las respuestas que propone el estudiante se ubican en el nivel representacional macroscópico, describe lo que percibe sensorialmente, involucra representaciones simbólica fórmula y ecuación. En el cuestionario final las repuestas y representaciones las ubica en los niveles macroscópico, simbólico y microscópico (submicroscópico), logrando realizar representaciones de tipo estructura de Lewis y enlace químico, considerando el modelo particulado, la caracterización anterior se basa en la propuesta

de Johnston citado por Galagovsky et al, 2003 acerca de los tres niveles de representación: macroscópico, microscópico y simbólico que se definieron para la enseñanza de la química.

El estudiante E-8 mantiene la idea de mezcla o combinación de sustancias como condición para que se lleve a cabo la reacción química, además menciona que con ello se obtiene una nueva sustancia. Como lo menciona Caruso, (citado por Rocha, 2007) algunos estudiantes sólo conciben la producción de una reacción química a partir de dos o más sustancias reaccionantes.

Al inicio de nuestro estudio, E-8 no propone ninguna explicación que se relacione con la transformación a nivel microscópico sin embargo durante el desarrollo de la unidad didáctica se proponen a los estudiantes actividades que permiten tener en cuenta la estructura molecular, el rompimiento y la formación de enlace, lo que al parecer le permite a E-8 complementar su explicación sobre la mezcla de sustancias con cierto tipo de representación (estructuras de Lewis) que muestra de manera gráfica una posible explicación desde el nivel molecular (microscópico).

Otra de las consideraciones que el estudiante hace para explicar una reacción química está relacionada con el cambio químico, considerando que el cambio de color, olor, producción de gases, formación de precipitado, variación de la temperatura, indican que se ha dado una reacción química. Según Stavridou y Solomonidou (1998) los alumnos suelen focalizar en los cambios macroscópicos observables que acompañan generalmente a los procesos químicos, las

explicaciones para el fenómeno de reacción química, dichas explicaciones se limitan a describir fenomenológicamente lo que ocurre a partir de una descripción de lo observable.

A continuación plantearemos el caso de las representaciones semióticas antes y después de la aplicación de la Unidad Didáctica para el mismo estudiante E-8.

REPRESENTACIONES CONCEPTO REACCION QUIMICA Ci y Cf.E-8

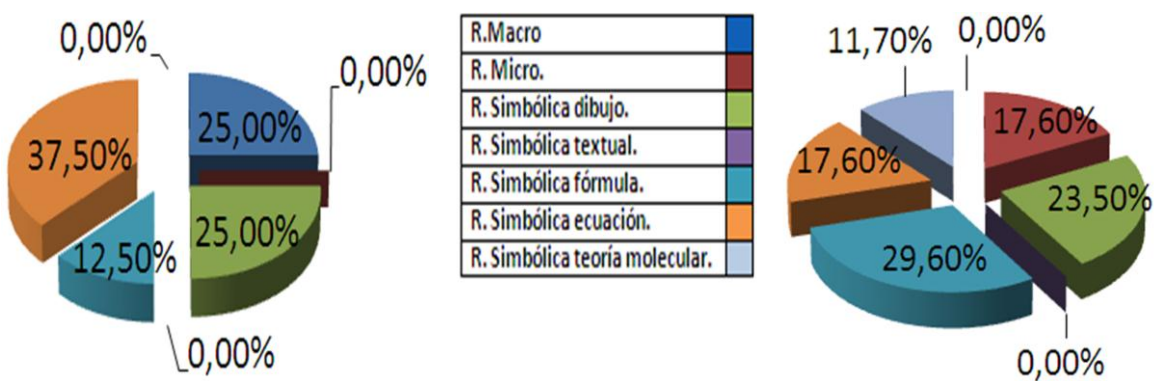


Gráfico 2 Distribución porcentual de las respuestas del estudiantes E-8, con respecto al tipo de representaciones semióticas (RS) que maneja del concepto "reacción química" en el cuestionario inicial (Ci) y el cuestionario final (Cf)

En el Ci las representaciones utilizadas por el estudiante muestran un porcentaje de 25,0% para las representaciones macroscópicas y para las simbólicas-dibujo 25,0%, en este caso hace referencia a las características que perciben sus sentidos; seguidas por un 37,5 % de representaciones simbólicas-ecuación y un 12,5% de frecuencia para la representación simbólica fórmula. Para el caso que se ilustra, las fórmulas y ecuaciones utilizadas representan algo similar a una ecuación matemática, y sigue siendo consecuente con la idea de unión de sustancias que

dan como resultado otra, sin tener en cuenta aspectos estructurales e interactivos representados en las especies moleculares (átomos, moléculas).

En el Cf se puede observar el uso de representaciones microscópicas y ecuación química con el 17,6% cada una, representaciones simbólicas (dibujo) con un 23,5% representaciones simbólica (fórmula) con el 29,6% asociada con representaciones referidas al nivel simbólico-teoría molecular 11,7%, las cuales no habían sido consideradas en el momento inicial; aun cuando no desaparece el uso de representaciones macroscópicas ni simbólicas-dibujo, si es posible notar una disminución en su porcentaje en ambos casos; también se registra un aumento en las representaciones simbólicas (fórmula) 29,6%. Al finalizar el estudio se nota como el estudiante E-8 a partir de sus representaciones da cuenta de la condición de rompimiento de enlaces que se lleva a cabo en una reacción química y la formación de otros nuevos debido a la interacción ya no de las sustancias (nivel macroscópico) sino de sus partículas (nivel microscópico).

Para complementar el análisis es importante considerar las dos redes semánticas iniciales y finales (ver figuras 2 y 3) que muestran de manera global las diferentes conceptualizaciones sobre el concepto de reacción química y el tipo de representaciones que maneja el estudiante, así como las principales relaciones establecidas entre las diferentes categorías y subcategorías.

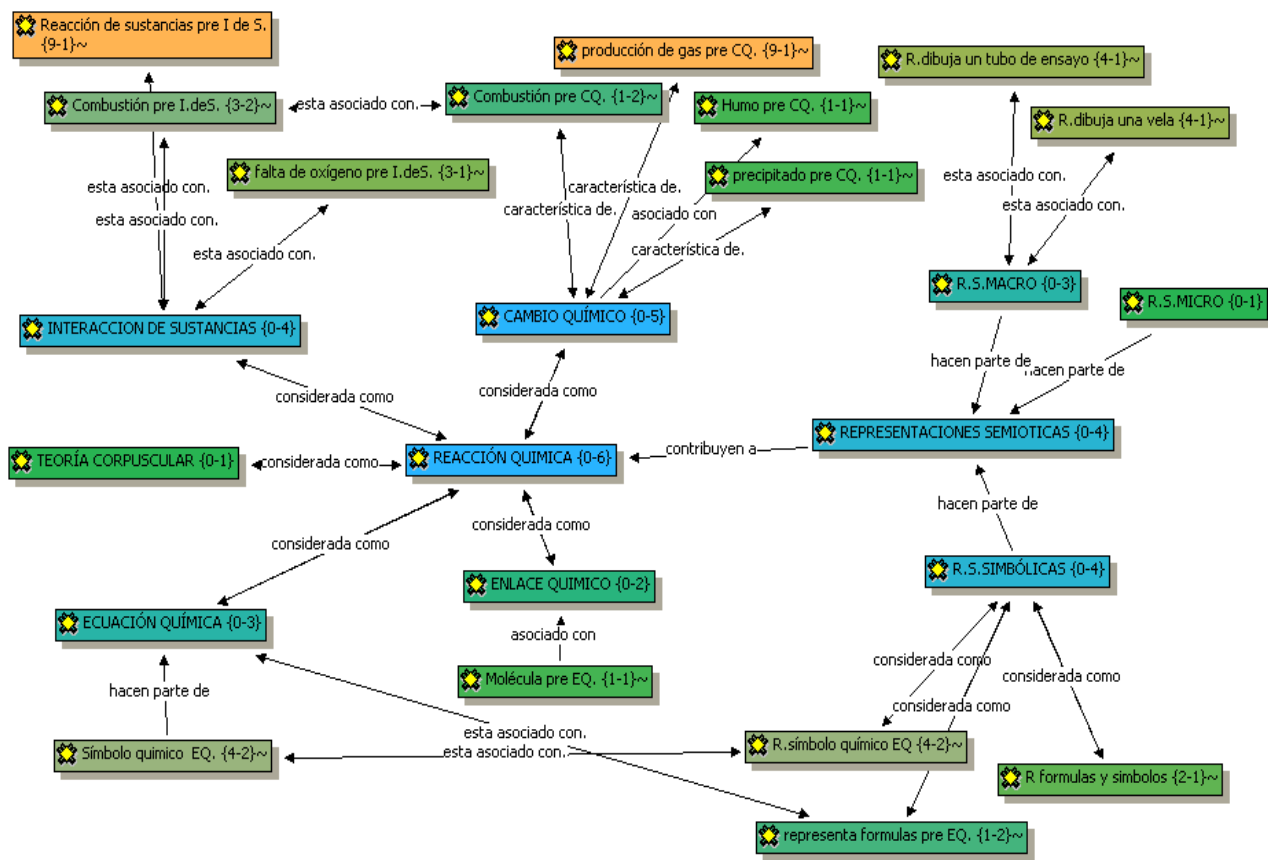


Figura 2 Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-8

La red semántica (figura 2), muestra que el estudiante considera la reacción química desde la interacción de sustancias, de 15 frases que están relacionadas con esta subcategoría, 9 de ellas se refieren a reacción de sustancias, indica que sucede una reacción cuando los reactivos y productos “se combinan generando una nueva sustancia o producto (o varias)”. Algunos autores manifiestan que “los alumnos son capaces de interpretar las reacciones químicas en términos de la formación de nuevas sustancias (generalmente asociado a un cambio macroscópico)”, es de anotar que el estudiante hace uso de representaciones macro, referidas en este caso a aquello que le es observable (dibuja vela y tubo de ensayo con sus componentes) y simbólicas (símbolos

químicos y fórmulas de las sustancias del experimento, (figura 3) y no necesariamente relacionado con el cambio de estructura correspondiente” Caruso, Chang (citados por Rocha, A. 2008).

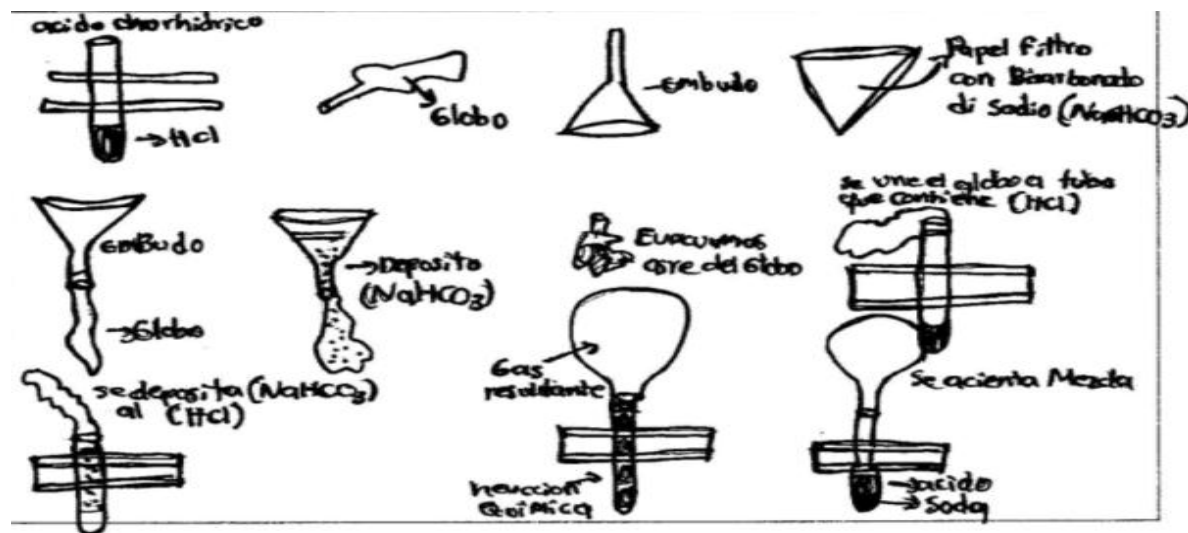


Figura 3 El E-8 representa la RQ mediante dibujos de materiales y utensilios de las prácticas.

Para la subcategoría ecuación química realiza representaciones de fórmulas, símbolos químicos y ecuaciones químicas, considera estas representaciones como indicativos de una reacción química y para explicar el concepto de reacción química lo plantea desde la escritura de la ecuación química. En la red semántica (figura 2), se puede apreciar que las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponden al nivel macroscópico y simbólico; para el macroscópico construye dibujos referidos a lo que ve, correspondientes a las prácticas de laboratorio, en donde realiza líneas, palabras, dibujos y símbolos para representar un reacción química.

El estudiante considera la reacción química desde el cambio químico, de 12 frases que están relacionadas con esta subcategoría, 9 de ellas se refieren a producción de gas (figura 4), se indica que sucede una reacción cuando se presenta un cambio en el estado de la materia. Se observa que el estudiante asocia el fenómeno de reacción química con la idea de cambio de algunas propiedades de las sustancias involucradas, como lo menciona Andersson (citado por Raviolo et al, 2011) al afirmar que una concepción alternativa frecuente de cambio químico es considerarlo como una modificación, en la cual la sustancia varía su apariencia o propiedad pero mantiene su identidad.

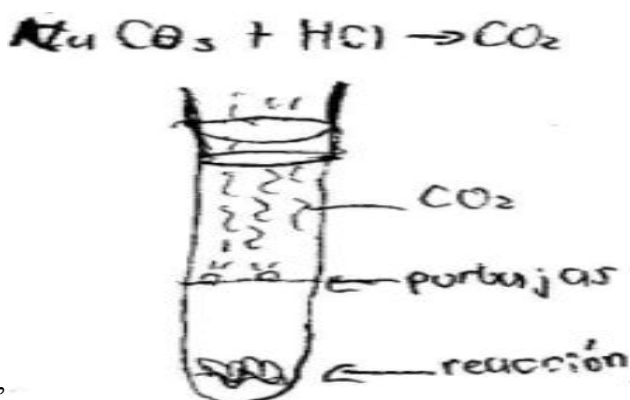


Figura 4 representación de lo que ve el estudiante E-8, sucede una reacción cuando se presenta un cambio en el estado de la materia. (Producción de gas)

En cuanto al nivel representacional simbólico da cuenta al realizar los símbolos químicos de las fórmulas químicas correspondientes a cada experimento (figura 5).

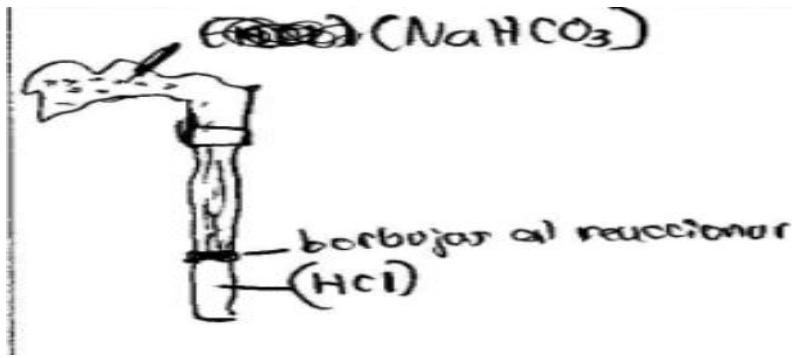


Figura 5 representación simbólica da cuenta al realizar los símbolos químicos de las fórmulas químicas correspondientes a cada experimento.

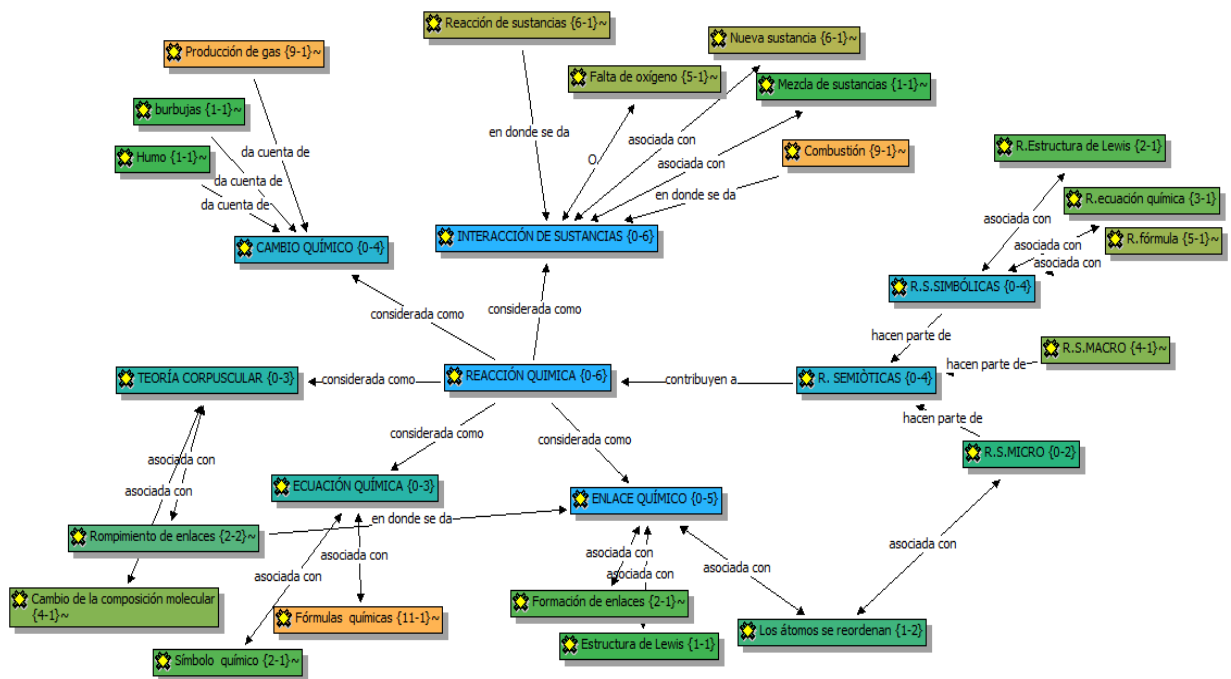


Figura 6 Red semántica: Cf reacción química y representaciones semióticas. E-8

Las relaciones que se evidencian en la red semántica Cf (figura 6) dan cuenta que el estudiante E-8, considera la reacción química desde la interacción de sustancias, de 27 frases que están

relacionadas con esta subcategoría 9 de ellas se refieren a reacción de sustancias; se indica que sucede una reacción cuando los reactivos y productos se combinan generando una nueva sustancia.

El estudiante considera la reacción química desde el cambio químico, de 11 frases que están relacionadas con esta subcategoría, 9 de ellas se refieren a producción de gas; se indica que sucede una reacción cuando se presenta un cambio en el estado de la materia.

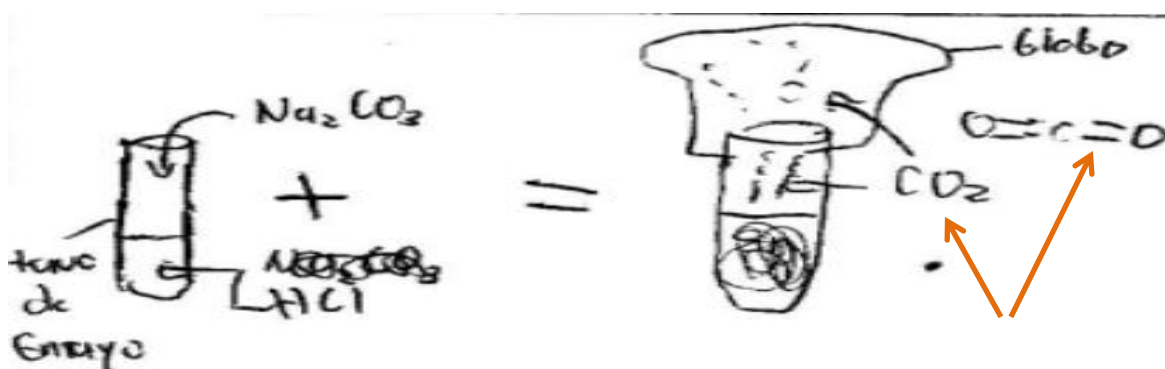


Figura 7 representación simbólica que da cuenta al realizar de los símbolos químicos, fórmulas químicas, estructuras de Lewis, formación de enlaces.

De 13 frases para la subcategoría ecuación química (figura 7), 11 corresponden a fórmulas químicas, 4 frases a enlace químico; 2 indican la formación de enlaces, en 1 realiza estructuras de Lewis y otra comenta que los átomos se reordenan. En cuanto a la subcategoría teoría corpuscular se aprecian 4 frases relacionadas con el cambio en la composición de la molécula y 2 con relación al rompimiento de los enlaces. Se pueden apreciar las relaciones entre las subcategorías enlace químico, teoría corpuscular, y representaciones microscópicas para

considerar desde estos dos el concepto de reacción química respecto al nivel particulado de la materia.

Se puede observar que las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponden a los tres niveles macroscópico, microscópico y simbólico, para el macroscópico construye 4 representaciones de dibujos referidos a lo que ve, en este caso sería lo correspondiente a las prácticas de laboratorio en donde realiza líneas, palabras y símbolos para representar un reacción química. El nivel simbólico constituido por 10 representaciones en donde se contemplan las estructuras de Lewis, ecuación química y fórmulas, que dan cuenta de una reacción química, a partir de esto se evidencia un incremento en las representaciones simbólicas, éstas se tornan más elaboradas cuando consideran las estructuras de Lewis, ecuaciones químicas y fórmulas para explicar el concepto; en el nivel microscópico (figura 8), hace relaciones que consideran el reordenamiento de los átomos a partir de la ruptura y formación de enlaces, relacionando lo anterior con el cambio en la composición molecular y apoyando sus explicaciones con representaciones simbólicas tipo fórmula de Lewis.

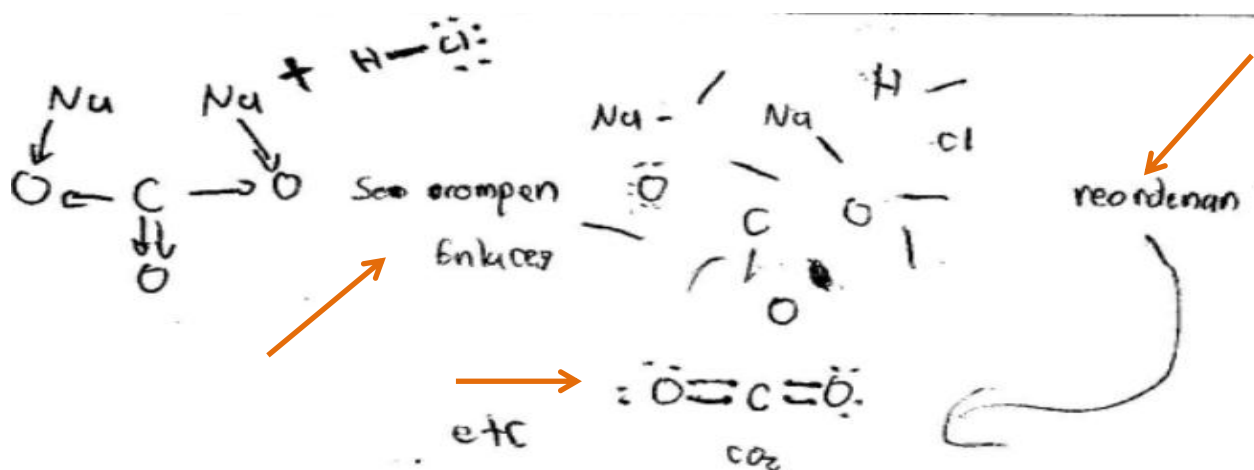


Figura 8 Representación simbólica en el nivel microscópico

En cuanto a las representaciones macroscópicas en Ci se presentan 8, las cuales se reducen a la mitad en el Cf; las representaciones simbólicas en el Ci corresponden a símbolos, formulas y ecuaciones, y en el Cf corresponden a fórmulas y ecuaciones químicas en donde se determinan reactivos y productos y las estructuras de Lewis en donde se evidencia los enlaces (rompimiento y reacomodación de átomos). En el Ci no se presentan representaciones microscópicas, en el Cf las que se realizan, plantean el reordenamiento de los átomos y tiene en cuenta los enlaces químicos (rompimiento y formación) y el producto que se obtiene durante la reacción química, escribiendo símbolos químicos y ecuación química.

5.2. Análisis de Estudiante E-21

A continuación se hace referencia a los resultados encontrados en el grupo 2, tanto en los porcentajes sobre el concepto de reacción química, como el tipo de representaciones semióticas que manejan en el Ci y Cf, se considera el caso del estudiante E-21. En el gráfico 3 se relaciona información sobre el concepto de reacción química que posee el estudiante tanto en el Ci como Cf. Los resultados obtenidos en el Ci nos muestran la tendencia a explicar el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, en un 60.9 %, también concibe la reacción química como un cambio químico en un 39,1% , en el Cf las explicaciones referidas a la interacción de sustancias se presentan con un porcentaje del 50% y en términos de cambio químico es del 20,4%, se puede apreciar que para las explicaciones relacionadas con la teoría corpuscular corresponde un porcentaje de 9,2%, para ecuación química es de 7,4% y para el enlace químico es de 13% , estas tres últimas subcategorías se presentan posterior a la

intervención de la unidad didáctica y se aprecia una mayor representatividad en cuanto a las diferentes consideraciones al concepto de reacción química.

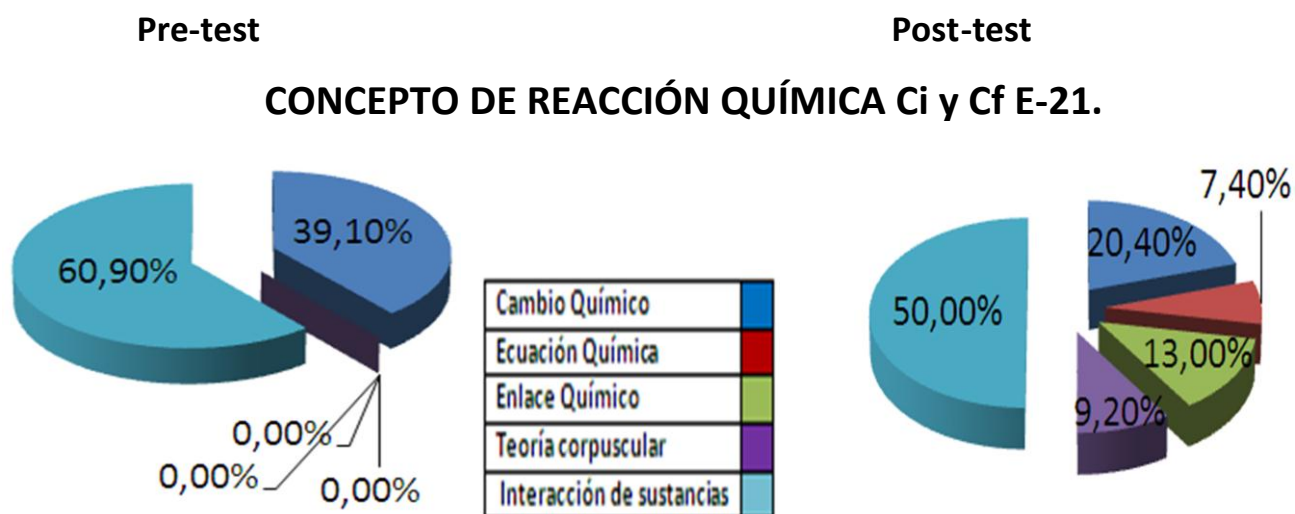


Gráfico 3 Distribución porcentual de las respuestas del estudiante E-21 (Grupo 2) con respecto al concepto de reacción química en el Ci y Cf.

A continuación plantearemos el caso de las representaciones semióticas antes y después de la aplicación de la unidad didáctica (gráfico 4). En el Ci, las representaciones utilizadas por el estudiante muestran un porcentaje de 33.3% para las representaciones macroscópicas, para las simbólicas-dibujo 33.4%, en este caso hace referencia a las características que perciben sus sentidos; seguidas por un 33,3 % de representaciones simbólicas-textual, en el Cf se puede identificar el uso de representaciones macro y microscópicas con un porcentaje del 20,0% para cada una, las representaciones simbólicas dibujo y textual 20% para cada una, las RS ecuación con 8,6% y RS fórmula y teoría molecular con 5,7%.

REPRESENTACIONES CONCEPTO REACCION QUIMICA Ci y Cf.E-21

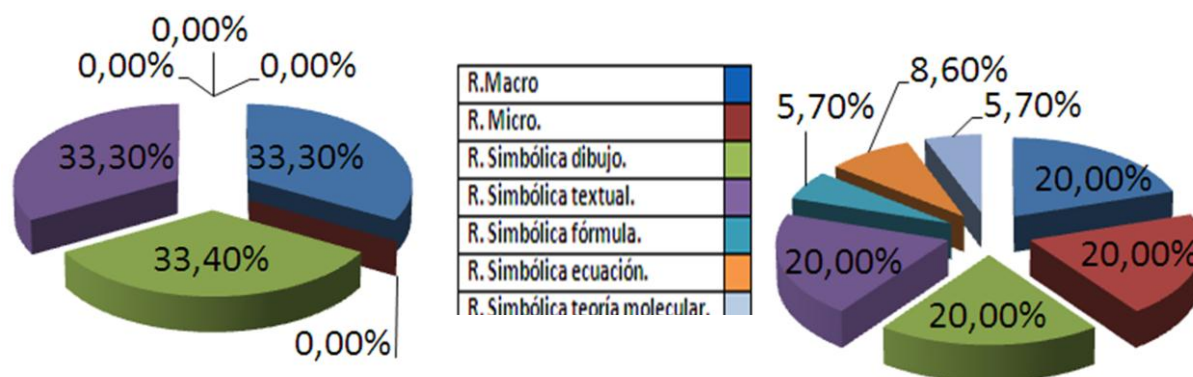


Gráfico 4 Distribución porcentual de las respuestas del estudiante E-21 con respecto al tipo de representaciones semióticas (RS) que maneja del concepto "reacción química" en el Ci y Cf.

Aun cuando no desaparece el uso de representaciones macroscópicas ni simbólicas-dibujo, es posible notar una disminución en su porcentaje, se registran las representaciones simbólicas-fórmula, ecuación, teoría molecular. Los anteriores resultados se obtuvieron a partir de la red semántica (Figura 9), que muestra las relaciones establecidas por el estudiante E-21 en el Ci en cuanto al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye.

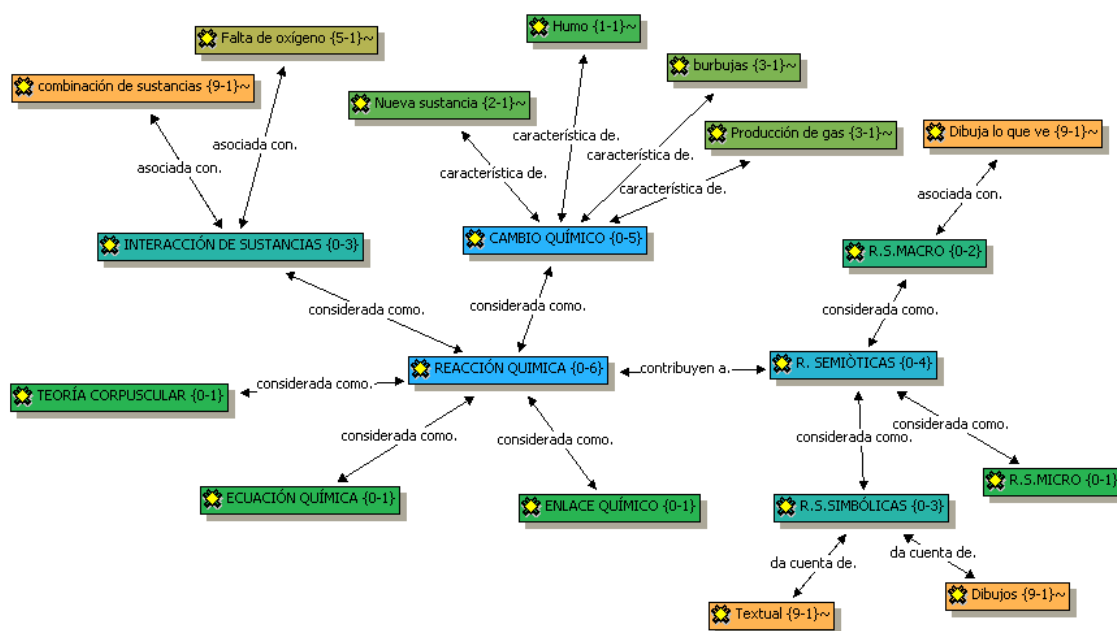


Figura 9 Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-21.

A partir de las relaciones establecidas en la red semántica figura 9, podemos observar que el estudiante, de 14 frases relacionadas con la subcategoría interacción de sustancias (figura 10), refiere 9 de ellas a combinación de sustancias y 5 a la presencia o no del oxígeno. Para la subcategoría cambio químico de 9 frases, 3 de ellas se refieren a la producción de gas y 3 a la producción de burbujas, 2 a la formación de una nueva sustancia y 1 a la formación de humo, se observa que el estudiante asocia el fenómeno de reacción química con la idea de cambio de algunas propiedades de las sustancias involucradas.



Figura 10 representación simbólica en el nivel macroscópico

Es de anotar que el estudiante hace uso de representaciones macro (figura 11), referidas en este caso a aquello que le es observable (dibuja vela y tubo de ensayo con sus componentes) y simbólicas (dibujos que representan los materiales y utensilios correspondientes a las prácticas de laboratorio realizadas y describe el proceso)



Figura 11 representaciones en el nivel macroscópico E-21. Textual y simbólica.

Para las subcategorías enlace químico y ecuación química no se encuentran representaciones relacionadas con ellas. En la red semántica se puede apreciar que las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponde al nivel macroscópico y simbólico; para el macroscópico construye dibujos referidos a lo que ve, y en el simbólico sus representaciones del concepto en mayor número corresponden al nivel macroscópico que al nivel microscópico.

La figura 12 muestra la red semántica producto de las relaciones establecidas por el estudiante E-21 en el Cf, referidas al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye después de la intervención didáctica. En el Cf, se puede apreciar la construcción del concepto desde la teoría y desde el uso de representaciones semióticas.

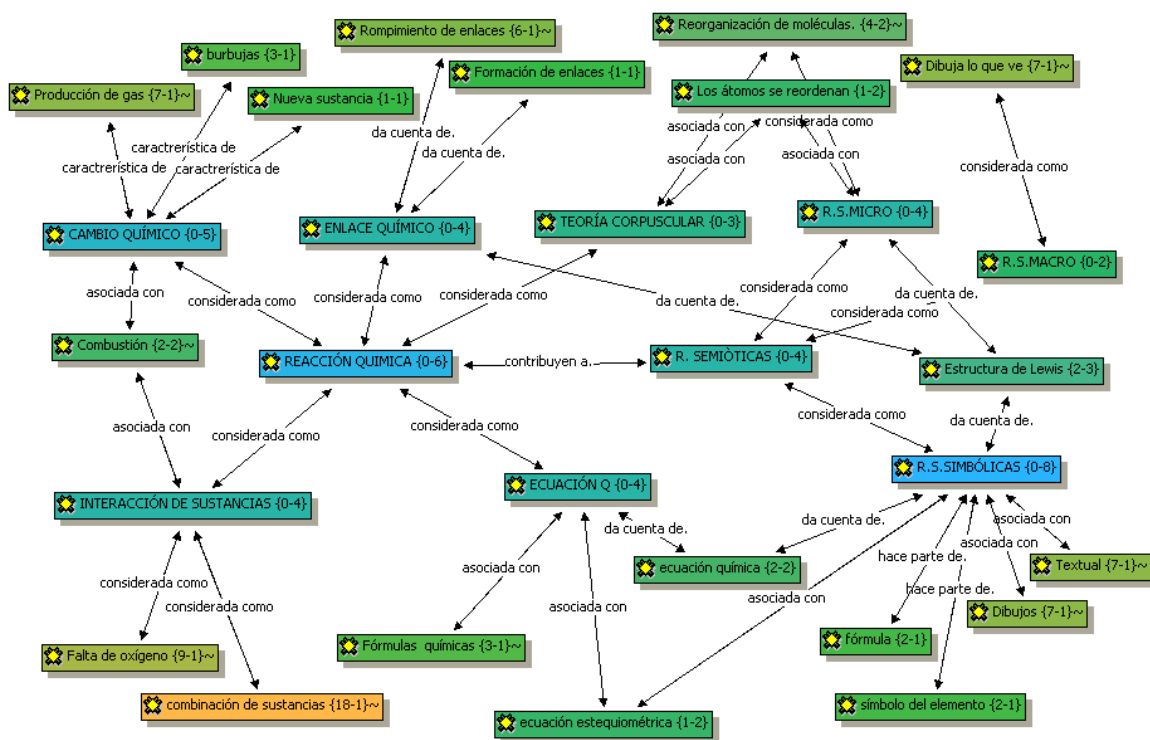


Figura 12 Red semántica: Cf. reacción química y representaciones semióticas. E-21.

REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

Las relaciones que se ponen en evidencia en la red semántica dan cuenta que el estudiante considera la reacción química desde el cambio químico, de 13 frases que están relacionadas con esta subcategoría 7 de ellas se refieren a producción de gas, 3 a producción de burbujas, 1 a la formación de nueva sustancia y 2 a la combustión; indica que sucede una reacción química cuando se presenta un cambio en el estado de la materia. Considera la reacción química desde el enlace químico, de 7 frases que están relacionadas con esta subcategoría 6 de ellas se refieren a rompimiento de enlace, 1 a formación de enlaces, desde la teoría corpuscular (figura 17), de 5 frases que están relacionadas con esta subcategoría 4 de ellas se relacionan con la reorganización de moléculas, y 1 al reordenamiento de átomos.

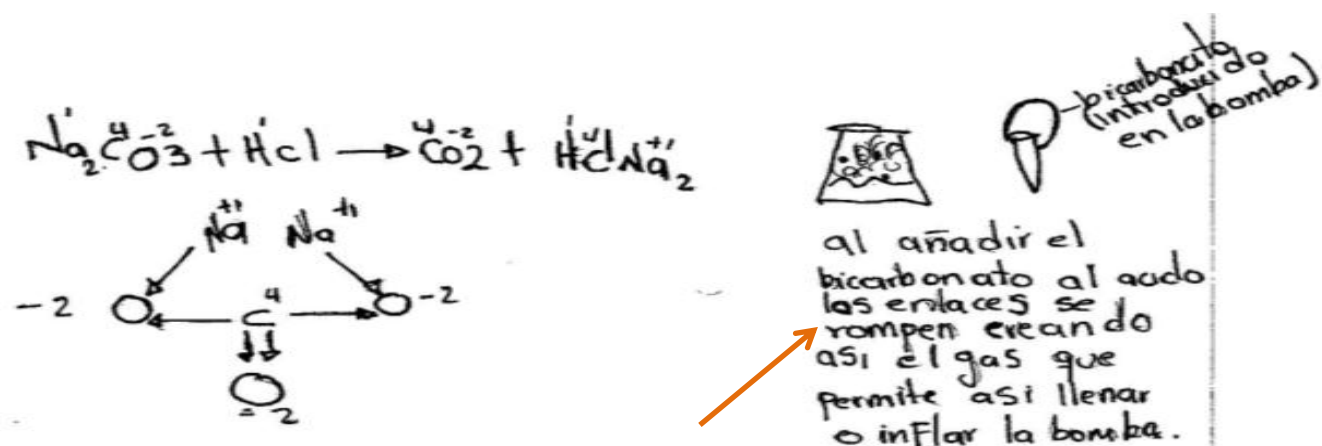


Figura 13 representaciones dese la teoría corpuscular del concepto RQ. E-21.

Considera la reacción química desde la interacción de sustancias, de 27 frases que están relacionadas con esta subcategoría, 9 de ellas se refieren a falta de oxígeno y 18 a combinación de sustancias. Desde la ecuación química, de 6 frases que están relacionadas con esta

subcategoría, 3 de ellas se refieren a falta de oxígeno y 18 a combinación de sustancias a fórmulas químicas, 2 ecuaciones químicas y 1 a ecuación estequiometría.

Se puede apreciar que las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponde a los tres niveles macroscópico, microscópico y simbólico, discriminadas para estos dos últimos así: en el nivel simbólico 23 representaciones en donde se contempla 2 representaciones de estructuras de Lewis, 7 textuales, 7 dibujos, 2 fórmulas, 2 símbolos, 2 ecuación química, 1 ecuación estequiométrica; este tipo de representaciones se incrementaron con relación al Ci. En el nivel microscópico de las 7 representaciones, 4 de ellas consideran la reorganización de moléculas, 2 corresponden a estructuras de Lewis y 1 a reordenamiento de los átomos.

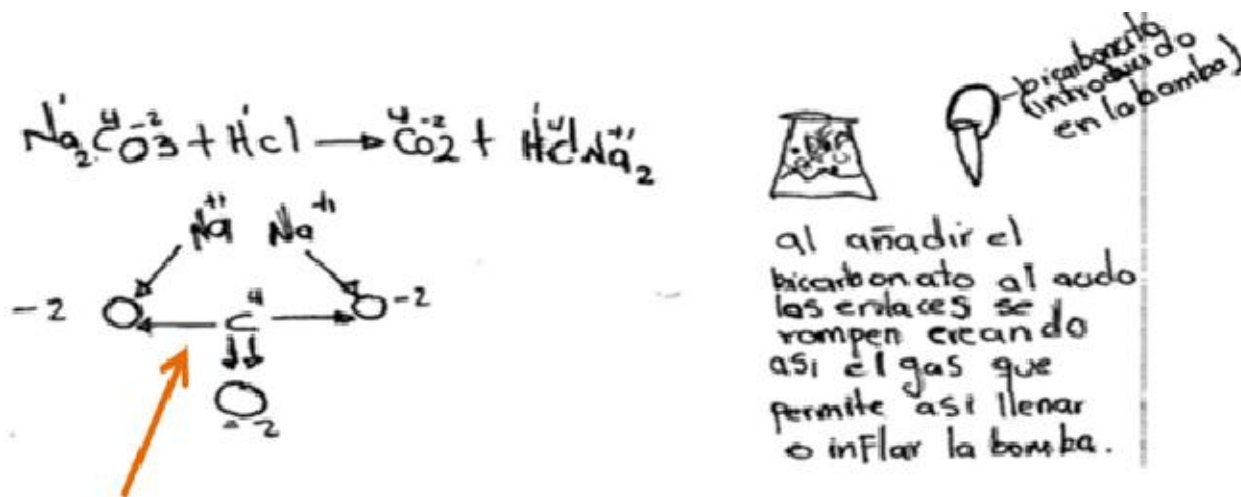
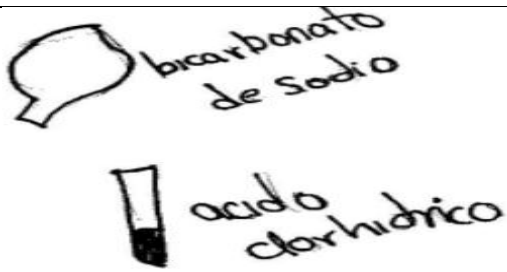


Figura 14 representaciones en el nivel microscópico del concepto RQ. E-21.

El estudiante interpreta el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, asumiendo el concepto como una combinación de sustancias, también incorpora aspectos relacionados con cambio químico el cual se evidencia en la producción de gas y burbujas, considera el enlace químico cuando se refiere al rompimiento de enlaces y a la teoría corpuscular, tiene en cuenta las representaciones moleculares y reorganización de los átomos. Con respecto a las representaciones el estudiante mantiene las de tipo macroscópicas y simbólicas, asociadas a estas últimas. Se puede mencionar la fórmula, ecuación química y símbolo, para las representaciones microscópicas contempla la reorganización de moléculas (figura 14).

Para ilustrar estos aspectos se muestran algunas de las respuestas y representaciones consideradas al respecto por el estudiante E-21 en la prueba de análisis en el Ci y Cf (Tabla 6).

Tabla 6 Respuestas y representaciones del estudiante E-21 en la prueba de análisis del Ci y Cf.

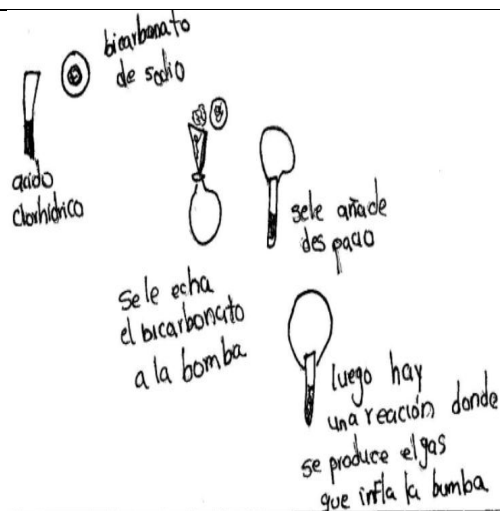
¿Qué gas se formó y de dónde provino?	Concepto de reacción química.	Representación semiótica.
Ci	No se la fórmula. Provino de la mezcla de las sustancias que reaccionaron: del ácido clorhídrico (HCl) y bicarbonato de sodio (NaHCO_3)	

Cf.	<p>CO₂ dióxido de carbono, de la combinación del bicarbonato de sodio y del ácido por que internamente hubo una ruptura de enlaces que dieron origen al nuevo compuesto (gas).</p>	
	<p>Hace un tubo de ensayo en donde indica la combinación del ácido con el bicarbonato, la formación de burbujas, las cuales inflan el globo.</p>	
	<p>¿A qué se debe la formación de burbujas cuando se ponen en contacto estas sustancias? ¿Por qué?</p>	
Ci	<p>A la reacción química que hubo entre estas dos sustancias al hacer contacto una con la otra, además se conoce que la soda reacciona fácilmente GRAFICO. Dibuja el tubo de ensayo con el globo inflado e indica que hay una reacción.</p>	
Cf.	<p>A que hay una ruptura de enlaces y crean así una reacción y una de las características de ello es hacer burbujas. También que el ácido con el bicarbonato reaccionan pues tienen diferentes estructuras y formación del enlace. Dibuja el tubo de ensayo con el globo inflado e indica que hay una reacción. Realiza una ecuación química de la reacción, y escribe: al añadir el bicarbonato al ácido, los enlaces se rompen creando así el gas que permite así llena o inflar la bomba.</p>	
	<p>Un cambio químico. ¿Por qué?</p>	

Porque reaccionaron

GRAFICO. Indica con gráficos y letras todo el proceso realizado en el laboratorio con los reactivos y materiales

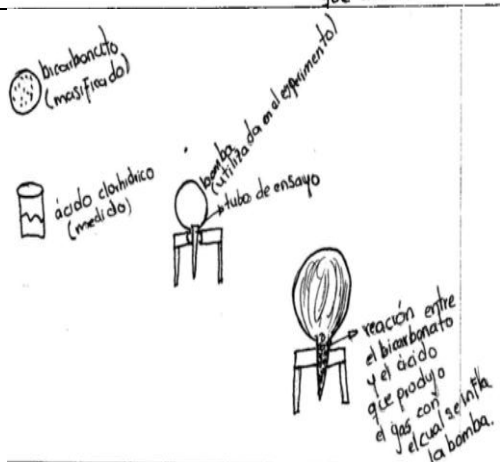
Ci



Sí, porque hubo ruptura de enlaces entre el ácido y el bicarbonato para formar un nuevo elemento que es en este caso gas o dióxido de carbono el cual es capaz de proporcionar una cantidad grande para inflar la bomba.

Cf.

VER GRAFICO. Tubo de ensayo con reactivos forma burbujas, se produce gas que infla la bomba. Luego dibuja una llama y escribe "se está consumiendo el oxígeno de y alrededor de la llama escribe los símbolos CO_2 y O_2



5.3. Análisis de Estudiante E-31.

A continuación nos referimos a los resultados encontrados en el grupo 3, tanto en los porcentajes sobre el concepto de reacción química, como el tipo de representaciones semióticas que manejan en el Ci y Cf, consideramos el caso del estudiante E-31; en gráfico 5 se relaciona información sobre el concepto de reacción química que posee el estudiante tanto en el Ci como Cf; los

resultados obtenidos en el Ci nos muestran la tendencia a explicar el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, en un 43,7 %, también concibe la reacción química como un cambio químico en un 56,3%. En el Cf las explicaciones referidas a la interacción de sustancias se presentan con un porcentaje del 54,1% y en términos de cambio químico es del 37,5%, para ecuación química es de 0,0%, se puede apreciar que para las explicaciones relacionadas con la teoría corpuscular corresponde un porcentaje de 4,2% y para el enlace químico es de 4,2% , estas dos últimas subcategorías se presentan posterior a la intervención de la unidad didáctica y se aprecia una mayor representatividad en cuanto a las diferentes consideraciones del concepto reacción química.

CONCEPTO DE REACCIÓN QUÍMICA *Ci* y *Cf*. E-31

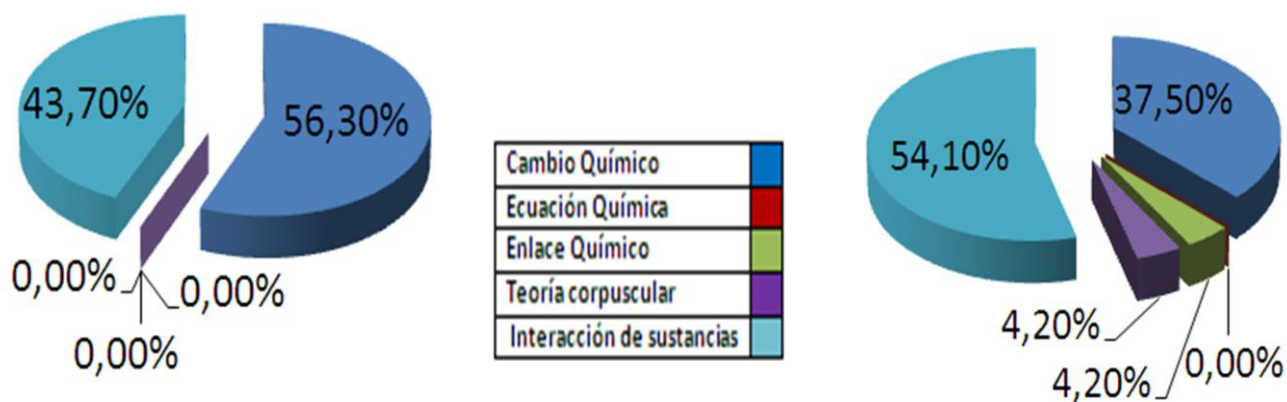


Gráfico 5 Distribución porcentual de las respuestas del estudiante E-31(Grupo 3) con respecto al concepto de reacción química en el Ci y Cf.

Con respecto a las representaciones semióticas antes y después de la aplicación de la unidad didáctica, figura 19, en el Ci, las representaciones utilizadas por el estudiante muestran un porcentaje de 58.3% para las representaciones macroscópicas y para las simbólicas-dibujo 0,0%, seguidas por un 41,7 % de representaciones simbólicas-textual, las simbólicas tipo fórmula, ecuación y teoría molecular en un 0.0%. En el Cf se puede identificar el uso de representaciones macroscópicas 52,6%,microscópicas con un porcentaje del 5,3%, las representaciones simbólicas dibujo 0,0% y textual 21,0%, las RS ecuación con 5,3% y RS fórmula con un 15,8% y teoría molecular con 0,0%, en el Cf el E-31 considera las representaciones semióticas tipo fórmula, ecuación y microscópicas que no fueron contempladas en el Ci.

REPRESENTACIONES CONCEPTO REACCIÓN QUÍMICA *Ci* y *Cf*. E-31



Gráfico 6 Distribución porcentual de las respuestas del estudiante E-31(Grupo3) con respecto al tipo de representaciones semióticas (RS) que maneja del concepto "reacción química en el Ci y Cf.

La figura 21 nos muestra la red semántica producto de las relaciones que establece el estudiante E-31 en el Ci en cuanto al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye antes de la intervención didáctica.

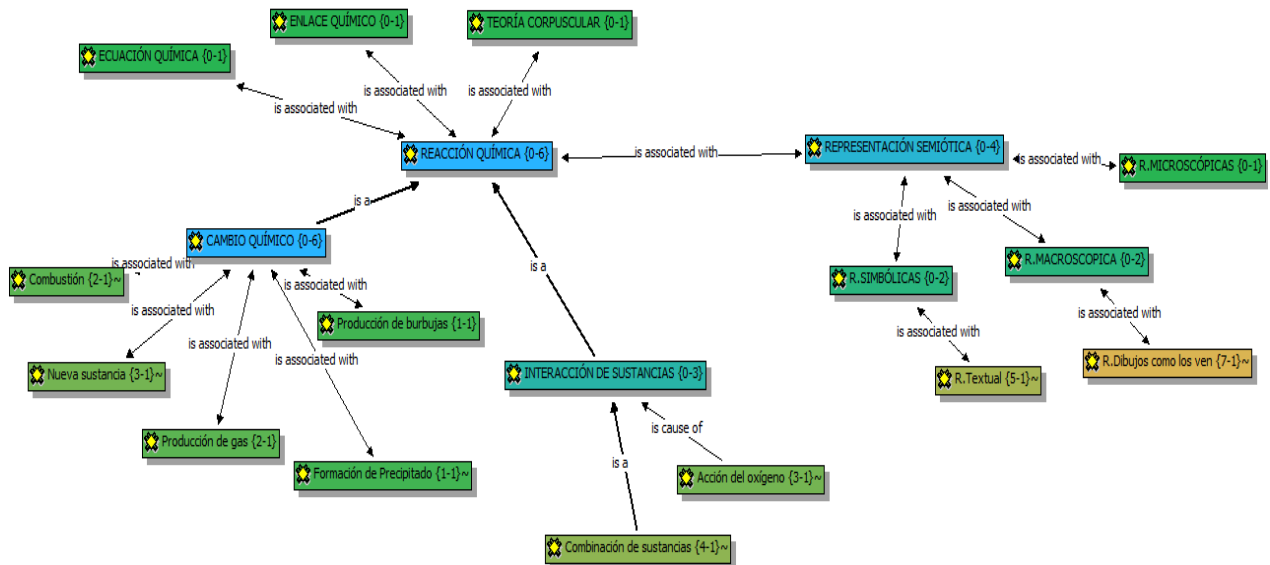


Figura 15 Red semántica: Ci reacción química y representaciones semióticas. E-31

A partir de las relaciones establecidas en la red semántica figura 15 podemos mencionar que el estudiante de 7 frases relacionadas con la subcategoría interacción de sustancias, refiere 4 de ellas a combinación de sustancias y 3 a la presencia o no del oxígeno. Para la subcategoría cambio químico (Figura 16), de 9 frases, 1 de ellas se refiere a la producción de gas, 1 a la producción de burbujas, 3 a la formación de una nueva sustancia, 2 a la combustión y 2 a producción de gas, se observa que el estudiante asocia el fenómeno de reacción química con la idea de cambio de algunas propiedades de las sustancias involucradas.

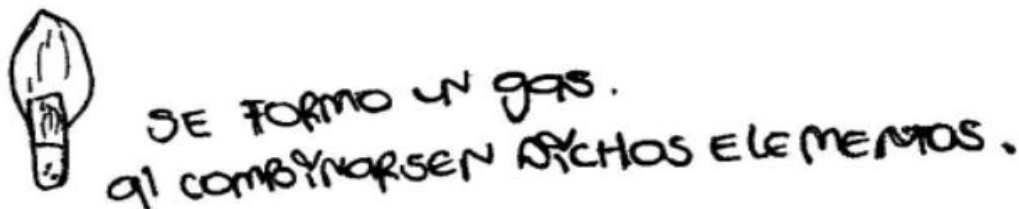


Figura 16 representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.

Es de anotar que el estudiante hace uso de representaciones macroscópicas (figura 17), referidas en este caso a aquello que le es observable y simbólico (dibujos que representan los materiales y utensilios correspondientes a las prácticas de laboratorio realizadas)

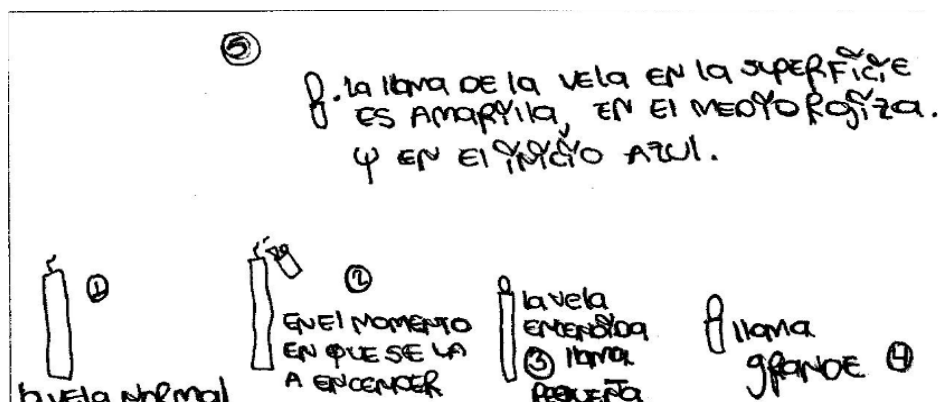


Figura 17 representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.

Para las subcategorías ecuación química, enlace químico y teoría corpuscular no se encuentran frases relacionadas con ellas.

En cuanto al nivel representacional simbólico (figura 18), da cuenta al realizar frases y dibujos que se refieren al concepto reacción química desde lo macroscópico.

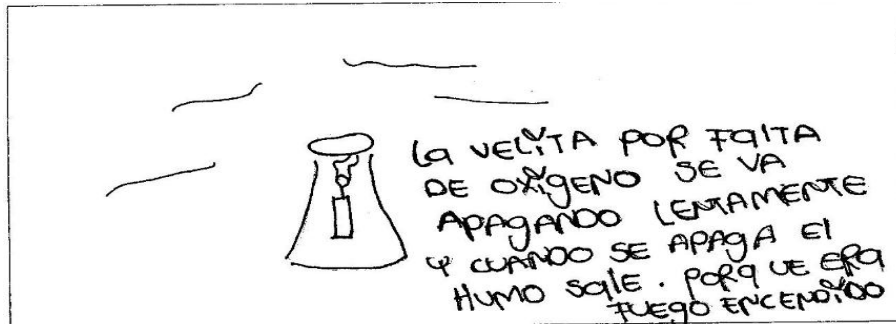


Figura 18 representaciones en el nivel simbólico-macroscópico del concepto RQ. E-31.

La figura 19 muestra la red semántica producto de las relaciones establecidas por el estudiante E-31 en el Cf, referidas al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye después de la intervención didáctica.

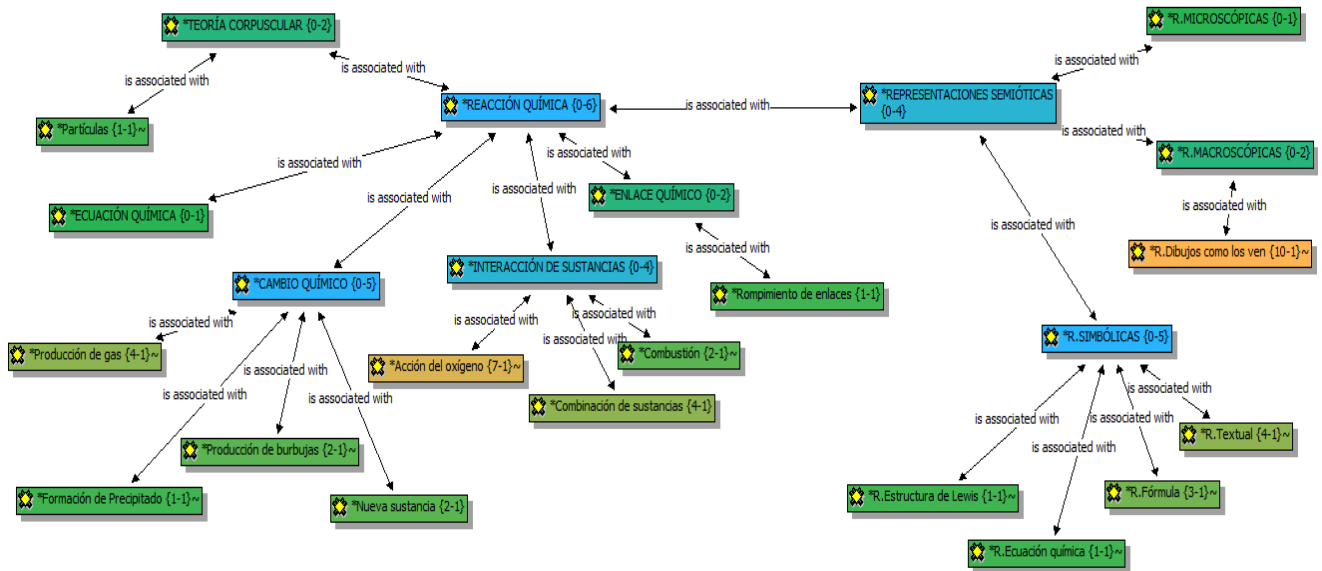


Figura 19 Red semántica: Cf. reacción química y representaciones semióticas. E-31

Las relaciones que se ponen en evidencia en la red semántica Cf (figura 19) dan cuenta que el estudiante considera la reacción química desde el cambio químico; de 9 frases que están relacionadas con esta subcategoría, 4 de ellas se refieren a producción de gas (figura 26), 2 a producción de burbujas, 2 a la formación de nueva sustancia y 1 a la formación de precipitado; se indica que sucede una reacción cuando se presenta un cambio en el estado de la materia.

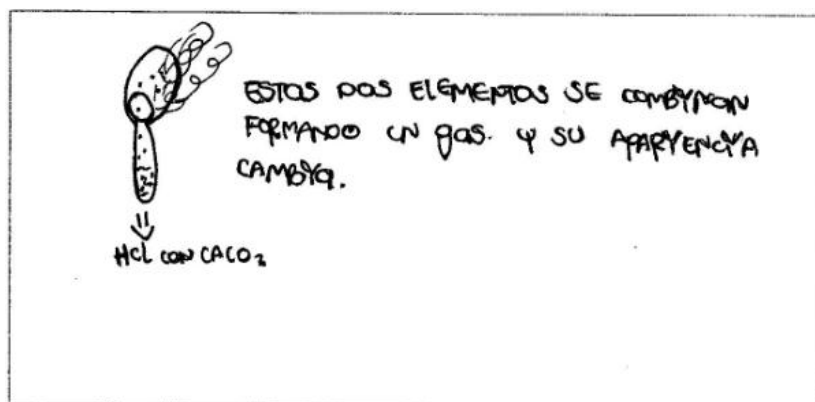


Figura 20 representaciones en el nivel macroscópico del concepto RQ. E-31.


Considera la reacción química desde el enlace químico, con una frase que está relacionada con rompimiento de enlace. En cuanto a la interacción de sustancias, de 13 frases que están relacionadas con esta subcategoría 7 de ellas se refieren falta de oxígeno, 4 a combinación de sustancias y 2 a combustión.

Con relación a las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponde a los tres niveles macroscópico, microscópico y simbólico, para el macroscópico, construye 10 representaciones de dibujos referidos a lo que ve; en el nivel simbólico, 9

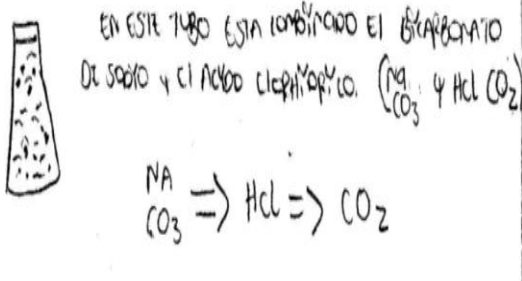
representaciones en donde se contempla 1 representación de estructura de Lewis, 4 textuales ,3 fórmulas, 2 ecuaciones químicas. Este tipo de representaciones se incrementaron con relación al Ci.

El estudiante interpreta el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, asumiendo el concepto como una combinación de sustancias y acción del oxígeno, también incorpora aspectos relacionados con cambio químico el cual se evidencia en la producción de gas , burbujas y nueva sustancia, considera el enlace químico cuando se refiere al rompimiento de enlaces; con respecto a las representaciones el estudiante mantiene las de tipo macroscópicas y simbólicas, asociadas a estas últimas, se puede mencionar la fórmula, ecuación química, Lewis y textual. Para ilustrar mejor estos aspectos se muestran algunas de las respuestas y representaciones consideradas al respecto por el estudiante E-31 en la prueba de análisis en el Ci y Cf.

Tabla 7 Respuestas y representaciones del estudiante E-31 en la prueba de análisis del Ci y Cf.

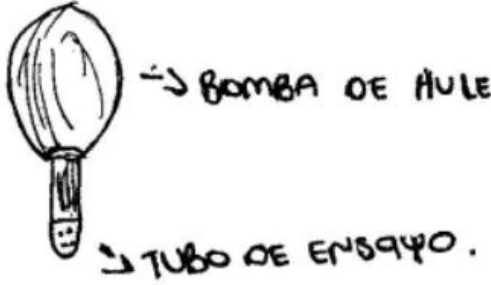
¿Qué gas se formó y de dónde provino?	Concepto de reacción química.	Representación semiótica.
Ci	Se formó un gas blanco y provino del contacto de estos dos elementos. VER GRAFICO Hace un tubo de ensayo en donde indica la combinación del ácido con el bicarbonato, la formación de burbujas, las cuales inflan el globo.	 SE FORMO UN GAS. q1 COMBINARSEN DICHS ELEMENTOS.

Cf. Se forma el CO₂. Proviene de la combinación del HCl y el CaCO₂. Representa: Tubo de ensayo indica la combinación del ácido con el bicarbonato y después hace representación simbólica indicando la formación de CO₂

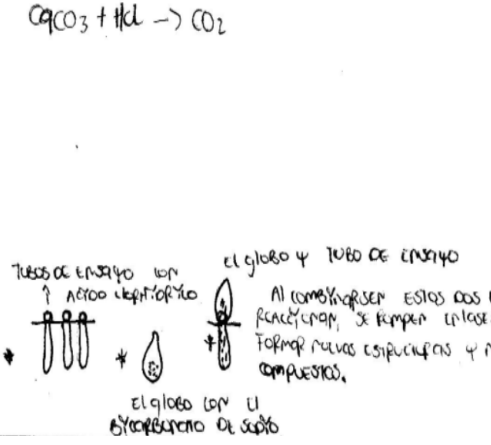


¿A qué se debe la formación de burbujas cuando se ponen en contacto estas sustancias? ¿Por qué?

Ci Esta formación se da porque uno de los elementos es un ácido entonces hace reacción con el bicarbonato de sodio. Al hacer contacto, por eso son dichas burbujas. VER GRAFICO. Dibuja el tubo de ensayo con el globo inflado e indica que hay una reacción.

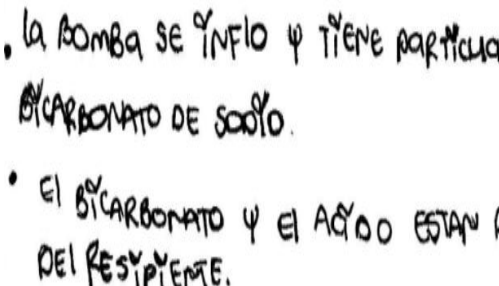


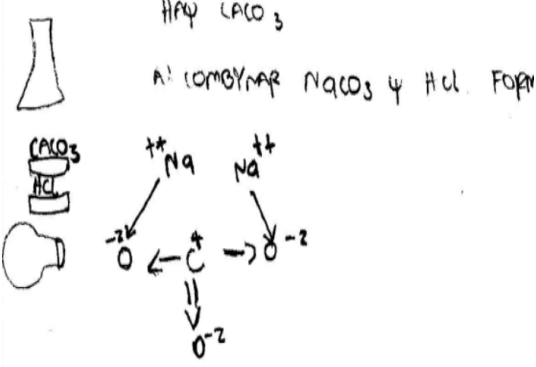
Cf. Porque se junta un ácido con una base y estas al contacto reaccionan obviamente con burbujas por el ácido. VER GRAF Dibuja el tubos de ensayo con ácido, luego el globo inflado con bicarbonato e indica que hay una reacción. Escribe: al combinarse estos dos elementos reaccionan, se rompen enlaces para formar nuevas estructuras y nuevos compuestos.



Un cambio químico. ¿Por qué?

Ci No. Porque no cambió en nada. Sólo se necesitó de contacto de estos dos para hacer crecer la bomba. VER GRAFICO.



Cf.	<p>Porque se crea un nuevo elemento. VER GRAFICO. Escribe: hay CaCO_3 y al combinarlo con HCl forma el CO_2 y escribe la fórmula de Lewis del NaCO_3 Luego dibuja una llama y escribe "se está consumiendo el oxígeno de y alrededor de la llama escribe los símbolos CO_2 y O_2</p>	
-----	--	--

5.4. Análisis general del grupo (grado 10)

Para el grupo en general, se contemplaron varias consideraciones respecto a reacción química y el tipo de representaciones que realizaron, también se analizaron las redes semánticas a nivel general y cómo éstas cambiaron con la aplicación de la unidad didáctica. En general los estudiantes que participaron en este estudio, al iniciar la intervención didáctica consideraban en un 55.5 % la idea de que la reacción química está asociada con la interacción de sustancias y un 40.3 % con cambio químico (gráfico7), después de la intervención didáctica se observa que estos porcentajes varían y que empiezan a considerar otros aspectos de la reacción química; hay estudiantes que relacionan la reacción química con la ecuación química, con el rompimiento o formación de enlaces y empiezan a incorporar aspectos relacionados con la teoría corpuscular.

REACCIÓN QUÍMICA *Ci* y *Cf*. GRUPO



Gráfico 7 Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes (grado 10), involucrados en el estudio, con respecto al concepto de reacción química en el *Ci* y *Cf*.

También se puede verificar teniendo en cuenta que a medida que se avanza en el desarrollo de la unidad didáctica, el uso de un mayor número de representaciones semióticas se hace evidente. En el *Ci*, el porcentaje de representaciones macroscópicas es del 45,5 %, al mismo tiempo las representaciones simbólicas que realizan son dibujos 29.2% que dan cuenta de lo que observan tal como lo perciben ayudándose un poco con algunas explicaciones sobre los dibujos realizados; representación textual: 15.8 %. Al finalizar la intervención, los resultados muestran que el porcentaje de representaciones microscópicas utilizadas ha variado de 0,9 % a 12,1 %, al tiempo que se reduce el porcentaje de representaciones macroscópicas iniciales (gráfico 8), lo cual podría interpretarse como un avance hacia una conceptualización más cercana a la científica,

dado que las representaciones microscópicas dan cuenta de aspectos relacionados con las reacciones químicas, considerando el carácter particulado de las sustancias involucradas en ella.

REPRESENTACIONES REACCIÓN QUÍMICA *Ci y Cf.* GRUPO

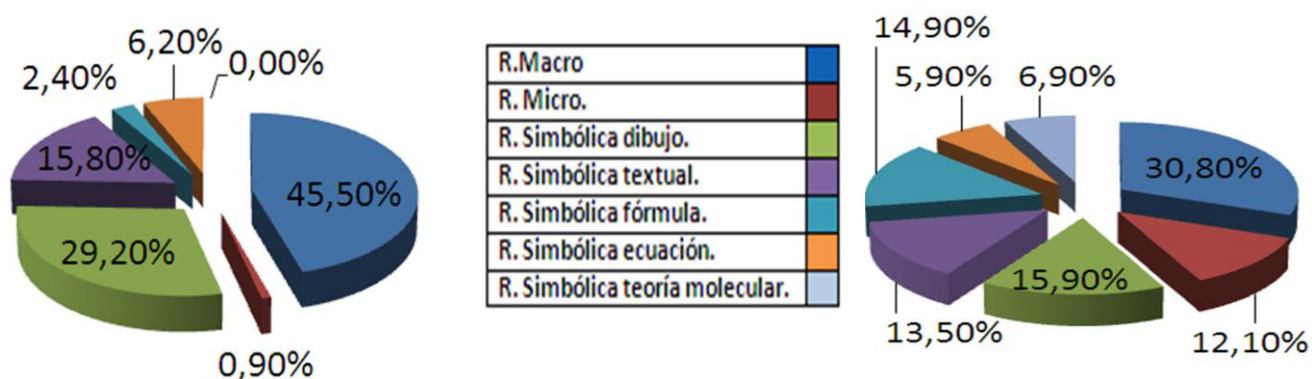


Gráfico 8 Distribución porcentual de las respuestas de los estudiantes (grado 10), involucrados en el estudio, relacionadas con algunas representaciones semióticas.

Lo anterior se ve complementado con el cambio que se nota en el porcentaje de las representaciones simbólicas – dibujo 29,2 % - 15,9 %, el porcentaje en el uso de los dibujos donde hacen representaciones desde el nivel macroscópico disminuye, ya que al parecer los estudiantes empiezan a considerar aspectos relacionados con el nivel microscópico de la materia y desde este nivel construyen algunas explicaciones sobre la reacción química, ayudados además, por otras representaciones simbólicas como los símbolos y fórmulas (moleculares, de Lewis) conforme al porcentaje obtenido 14,9 % en comparación con el inicial 2,4% que usan para representar átomos y moléculas de las sustancias que intervienen en las reacciones propuestas.

Por otra parte, en las explicaciones que los estudiantes presentan sobre la reacción química, al final de la unidad didáctica encontramos un porcentaje del 6,9 % correspondiente al uso de representaciones simbólicas que involucran aspectos relacionados con la teoría molecular, lo cual también estaría proporcionando algunas evidencias sobre la consideración del nivel microscópico que empiezan a tener los estudiantes. Autores como de Vos y Verdonk (1996) consideran las siguientes premisas como parte de las ideas acerca de la naturaleza corpuscular de la materia, que son aceptables en el campo de la enseñanza de las ciencias (p. 659):

- a. La materia está constituida por moléculas, átomos e iones (en general partículas) que poseen una energía de movimiento que les es propia y que está asociada a las interacciones entre las partículas elementales constitutivas.
- b. Hay una atracción mutua entre esas partículas, cuya magnitud decrece mucho con la distancia. En un gas la atracción es despreciable.
- c. Diferentes sustancias están formadas por diferentes partículas, pero todas las partículas de una sustancia son mutuamente idénticas.
- d. Una reorganización química implica una reorganización de átomos.

Los estudiantes inicialmente tienen una concepción sobre la reacción química desde una visión fenomenológica, es decir, los argumentos que utilizan para explicar la reacción química, corresponden a eventos o manifestaciones observables tales como cambio de color, formación de burbujas, precipitado, cambio en la temperatura, desprendimiento de un gas; para este caso, los estudiantes consideran que se mezclan o combinan sustancias para formar un gas, en el Cf se observa cómo incorporan otros aspectos para explicar la Reacción Química, tal es el caso del rompimiento de los enlaces y el reordenamiento de los átomos formando un nuevo compuesto,

fortaleciéndose el nivel microscópico, de lo anterior es posible asumir que, con las actividades propuestas en la unidad didáctica, específicamente la de bolas y palos, los estudiantes incorporan ideas relacionadas con este nivel.

Igualmente con el ejercicio de bolas y palos el estudiante asume como la representación de un átomo, la esfera de icopor y teniendo en cuenta la teoría considera los electrones de valencia, las reglas para la formación de moléculas, la posibilidad de formación de enlaces entre un átomo y otro y los tipos de enlace, con lo cual propone representaciones tridimensionales de las moléculas. A partir de estas consideraciones y de las moléculas construidas sugiere que cuando hay una reacción química, las moléculas rompen sus enlaces y se reacomodan los átomos para formar otras moléculas; durante la experiencia realizada, los estudiantes pueden replantear sus representaciones mentales lo que permite una aproximación al concepto científico de la reacción química.

También se observa que los estudiantes al realizar el tránsito de la representación de la fórmula molecular a la representación de la estructura de Lewis, realizan una reacomodación de las representaciones, teniendo en cuenta la teoría para poder obtener una estructura acorde con los conceptos y poder construir la representación de bolas y palos, afianzando así su representación simbólica y estructural y de esta manera se acerca a lo micro representacionalmente. Lo anterior permite realizar las siguientes consideraciones:

- Es importante que el estudiante maneje los conceptos, reglas y teorías que están en torno al concepto de reacción química, pero este manejo no debe ser memorístico, se recomienda que se construya en el tiempo y sea aplicable al contexto.
- Las representaciones simbólicas pueden convertirse en representaciones tridimensionales a partir de las estructuras de Lewis y las representaciones tridimensionales se pueden llevar a fórmulas o símbolos químicos.
- Es importante que se realicen preguntas metacognitivas para que el estudiante proponga argumentos más elaborados respecto al concepto, la reflexión va orientada a que el estudiante sea consciente del proceso realizado para resolver una situación, para evaluarla y replantearla a partir de la reflexión de sus propias respuestas; sea consciente de lo que falta a un tipo de representación y lo que otra le aporta para complementar su idea sobre el concepto.

La figura 21 nos muestra la red semántica producto de las relaciones que establece el grupo en el Ci en cuanto al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye antes de la intervención didáctica.

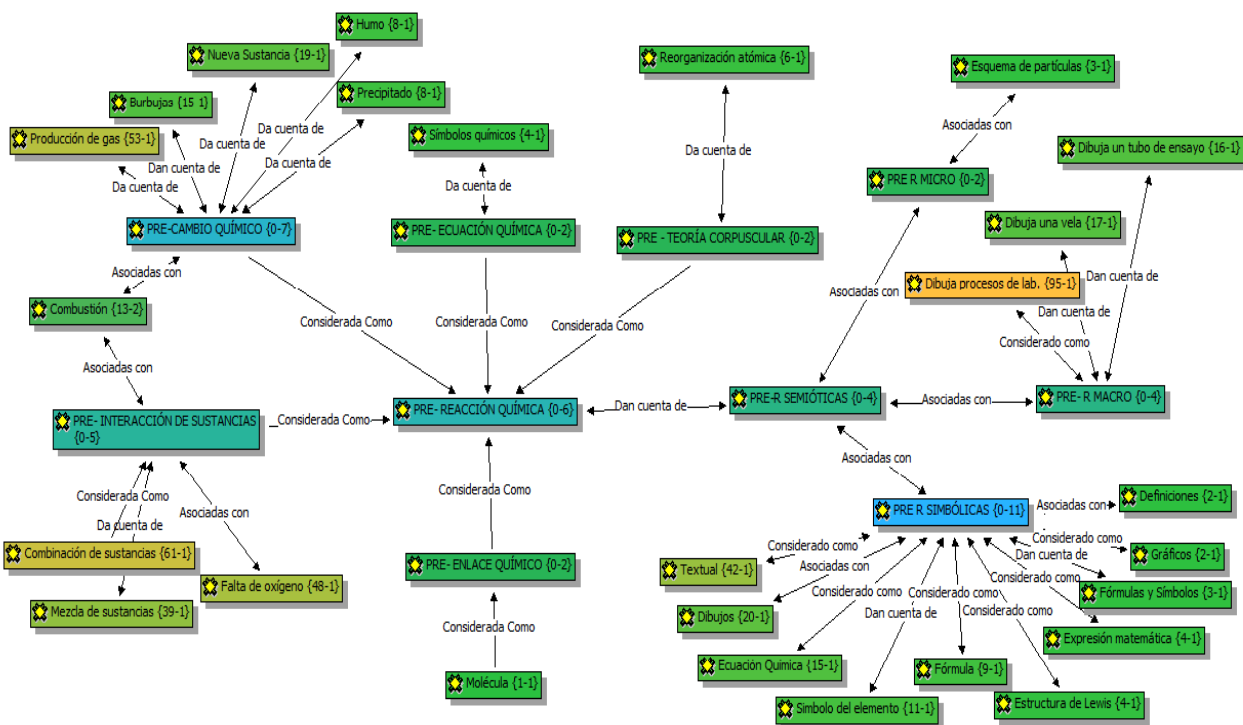


Figura 21 Red semántica: *Ci reacción química y representaciones semióticas - Grupo.*

A partir de las relaciones establecidas en la red semántica podemos observar que en el grupo, de 148 frases relacionadas con la subcategoría interacción de sustancias; refiere 61 de ellas a combinación de sustancias, 48 a la presencia o no del oxígeno y 39 a mezcla de sustancias. Para la subcategoría cambio químico, de 116 frases; 53 de ellas se refieren a la producción de gas, 15 a la producción de burbujas, 19 a la formación de una nueva sustancia 8 a la formación de humo y 8 a la formación de precipitado; se observa que el estudiante asocia el fenómeno de reacción química con la idea de cambio de algunas propiedades de las sustancias involucradas.

Es de anotar que el grupo en general hace uso de representaciones macroscópicas, referidas en este caso a aquello que le es observable y simbólico (dibujos que representan los materiales y

utensilios correspondientes a las prácticas de laboratorio realizadas). Para la subcategoría ecuación química; 4 representaciones corresponden a símbolos químicos; en cuanto a la subcategoría teoría corpuscular; 6 representaciones corresponden a reorganización de átomos; para la subcategoría enlace químico, 1 representación corresponde a molécula.

La figura 22 muestra la red semántica producto de las relaciones establecidas por el grupo en el Cf, referidas al concepto de reacción química y tipo de representaciones semióticas que construye después de la intervención didáctica.

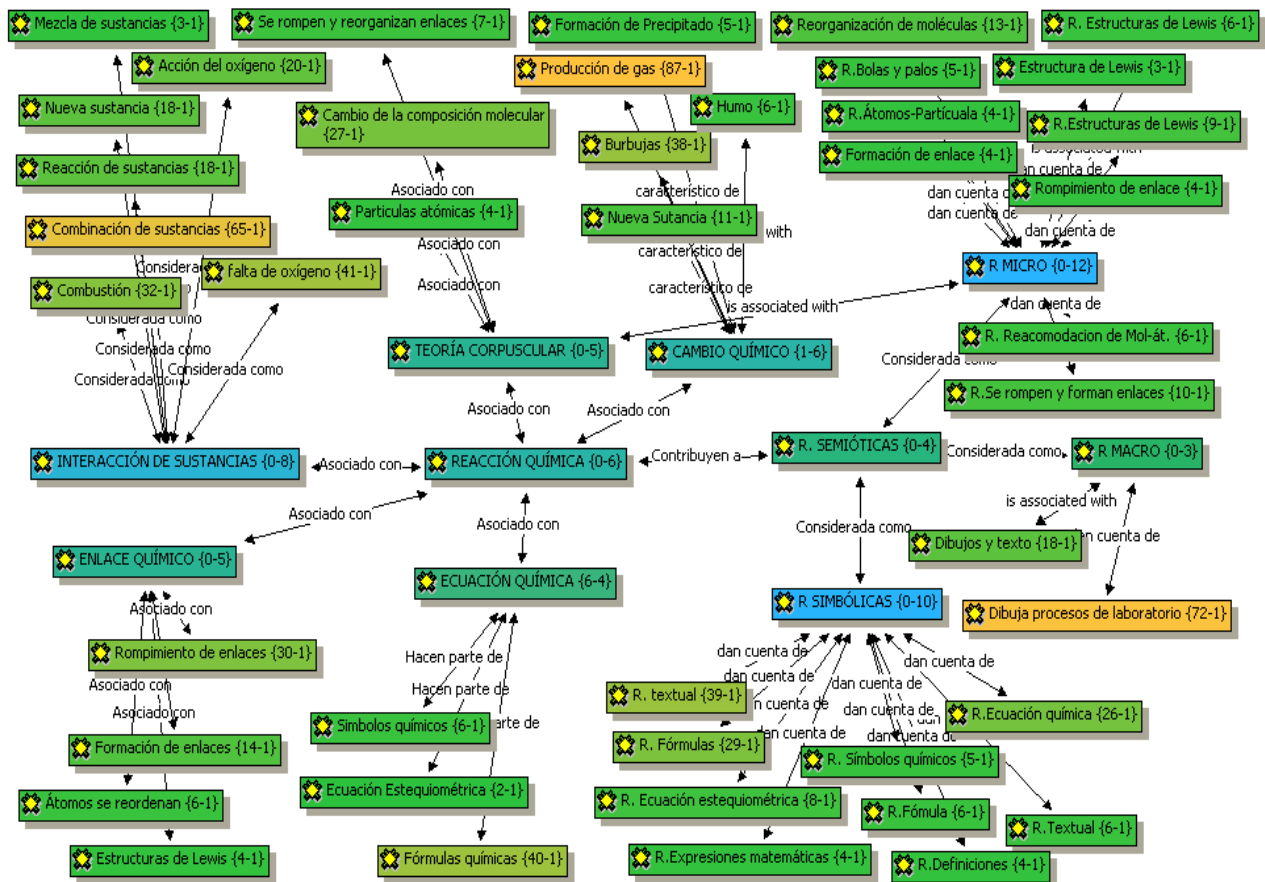


Figura 22 Red semántica: Cf. reacción química y representaciones semióticas-Grupo

Las relaciones que se ponen en evidencia en la red semántica dan cuenta que el grupo considera la reacción química desde el cambio químico, de 147 que están relacionadas con esta subcategoría, 87 de ellas se refieren a producción de gas, 38 a producción de burbujas, 11 a la formación de nueva sustancia, 5 a formación de precipitado y 6 a formación de humo; se indica que sucede una reacción cuando se presenta un cambio en las propiedades de la materia. Considera la reacción química desde el enlace químico, de 54 aspectos que están relacionadas, 30 de ellos se relacionan con rompimiento de enlace, 14 con formación de enlace, 6 con reordenamiento de átomos y 4 con estructuras de Lewis; para el caso de la interacción de sustancias; de 173 consideraciones que están relacionadas con esta subcategoría, 3 se refieren a la mezcla de sustancias, 20 a falta de oxígeno, 18 a la formación de sustancias, 18 a la reacción entre sustancias, 65 a la combinación de sustancias, 32 a la combustión y 41 a la falta de oxígeno.

Las representaciones que construye el estudiante del concepto reacción química corresponden a los tres niveles macroscópico, microscópico y simbólico; para este último nivel, 127 representaciones se contemplan: 45 para textual, 35 fórmulas, 8 ecuación estequiométrica, 4 expresiones matemáticas, 5 símbolos químicos y ecuación química 26; la preferencia del grupo para representar simbólicamente el concepto de reacción química es a través del manejo de representaciones textuales, fórmulas y ecuaciones químicas. Para el nivel macroscópico construye 90 representaciones; 72 de ellas en donde dibuja procesos de laboratorio y 18 dibujos y texto; la preferencia del grupo es realizar representaciones de procesos de laboratorio, tal como los aprecia por medio de los sentidos. En el nivel microscópico de 64 representaciones; 13 de

ellas corresponden a reorganización de moléculas, 18 a estructuras de Lewis, 5 a bolas y palos, 4 para átomos-partícula, 4 a formación de enlace y 4 a rompimiento de enlace.

El grupo, interpreta el concepto de reacción química desde la interacción de sustancias, asumiendo la reacción química como una combinación de sustancias, combustión y acción del oxígeno, también incorpora aspectos relacionados con cambio químico el cual se evidencia en la producción de gas, burbujas y nueva sustancia, considera el enlace químico cuando se refiere al rompimiento y formación de enlaces; con relación a la ecuación química, el grupo preferentemente las representa mediante fórmulas químicas, y en relación con la teoría corpuscular hace referencia al cambio en la composición molecular; respecto a las representaciones macroscópicas elabora dibujos de los procesos químicos que lleva a cabo en los experimentos de laboratorio, las representaciones microscópicas presentan una variedad y aparecen nuevas comparando con las respuestas obtenidas en el Ci, la preferencia es por la reorganización de moléculas y estructuras de Lewis; las representaciones simbólicas aumentan su diversidad y prefieren representar el concepto como una ecuación química, fórmulas químicas y de manera textual. Se puede considerar que los estudiantes construyen en mayor medida representaciones que se refieren a lo macroscópico, éstas corresponden a dibujos que representan el proceso que se lleva a cabo en el laboratorio tal como lo ve, es decir, se centran en una concepción fenomenológica y de transformación de unas sustancias en otras.

De acuerdo con lo anterior en el Cf se puede evidenciar que los estudiantes hacen uso de varias representaciones: dibujo, fórmulas, estructuras de Lewis, bolas y palos y ecuaciones, estas representaciones se complementan y contribuyen al acercamiento por parte de los estudiantes al concepto científico; en la medida que los estudiantes construyen más representaciones, tienen más criterios para comprender la reacción química, para entender qué sucede con los reactivos y poder explicarla, su concepción en esta etapa se centra en lo microscópico. Para propiciar ese tránsito desde las representaciones macroscópicas, es necesario considerar las ideas iniciales que tienen los estudiantes y abordar aspectos no considerados por ellos a partir de la teoría que se discutirá como parte de los nuevos conocimientos que los estudiantes tendrán en cuenta durante el desarrollo de la unidad didáctica, para ello es conveniente determinar qué tipo de representaciones maneja y así seguir construyendo más representaciones en torno a la temática en particular con la intención de que los estudiantes asocien y relacionen todo el conjunto teórico – representacional, en los tres niveles: macroscópico, microscópico y simbólico.

En cuanto a las representaciones de estructuras de Lewis, éstas ayudan a los estudiantes a interpretar de una manera particular lo que sucede con los átomos en el momento que se enlazan y cómo los átomos para formar otros compuestos se deben reordenar para construir el nuevo compuesto, es de anotar que para visualizar este aspecto se sugiere que los estudiantes se apoyen en las representaciones tridimensionales de bolas y palos; se recomienda hacerlo físicamente ya que al hacerlo de esta manera, analizan la estructura representada y pueden reorganizarla de acuerdo a los conceptos previos y teoría que poseen sobre los contenidos básicos.

Teniendo en cuenta las representaciones y el concepto de los casos estudiados; E-8, E-21, E-31, el análisis general nos permite hacer las siguientes consideraciones; el concepto inicial que presenta el grupo contempla que la reacción química se debe a la mezcla, unión, reacción de sustancias, lo cual produce o forma un gas, esto se evidencia en el tipo de representaciones que construyen y las respuestas que dan al cuestionario inicial (Tablas 5, 6 y 7). En el concepto final tienen en cuenta además de los aspectos ya mencionados, que en la reacción se presenta el rompimiento de enlaces en los reactivos, reordenamiento de ellos para formar el gas; en las respuestas y representaciones que construyen se evidencian estos aspectos al hacer uso de las fórmulas, estructuras de Lewis, enlaces, rompimiento y formación de enlaces, donde se evidencia que el concepto tiene en cuenta aspectos particulados de la materia.

Respecto a las representaciones que utilizan en el Ci se observa que representan simbólicamente el bicarbonato y el ácido mediante fórmulas químicas, hacen dibujos de lo que observan durante el experimento: burbujas, globo, tubo de ensayo, mediante rayas indica el gas contenido en el globo y mediante puntos representa el bicarbonato; también indican la presencia del ácido en el interior del tubo de ensayo y los momentos en que el globo se va inflando. En el Cf hacen representaciones simbólicas utilizando la ecuación química identificando reactivos y productos, también representan la ecuación química utilizando estructuras de Lewis, en donde indican los enlaces químicos de cada una, el rompimiento de estos enlaces e indican que se reordenan los átomos para la formación del CO_2 , manteniendo en todo este proceso las estructuras de Lewis, también hacen dibujos indicando en el tubo de ensayo en dónde sucede la reacción, formación de burbujas que corresponden al CO_2 que infla al globo.

Este cambio del concepto y de las representaciones se logra a través del trabajo desarrollado a partir de las representaciones propuestas en la unidad didáctica; cuando los estudiantes observan los ejemplos representacionales de bolas y palos propuestos, tienen en cuenta los enlaces químicos y que la formación de un compuesto diferente es resultado del rompimiento de estos enlaces, reacomodándose los átomos de tal manera que se obtenga el producto, esta actividad práctica se ve reflejada en la construcción de las representaciones con estructuras de Lewis de los ejercicios planteados en la unidad didáctica, entre mayor número de representaciones que los estudiantes posean como recurso para explicar van a dar cuenta de lo que sucede en una reacción química.

Pozo & Gómez (1998) plantean que “para el aprendizaje de la química los estudiantes tienen que enfrentarse a un gran número de leyes y conceptos abstractos y necesitan establecer conexiones entre ellas y entre los fenómenos estudiados, además deben hacer frente a un gran número de conceptos y a la necesidad de utilizar un lenguaje altamente simbólico y formalizado, junto a modelos analógicos que ayuden a la representación de lo no observable” (p.151). Para abordar lo abstracto del modelo particulado, se propone la manipulación del modelo de bolas y palos construido por los estudiantes, que les permite formarse la idea que los átomos están unidos por medio de enlaces, al separar las esferas que representan los átomos y proponer una nueva manera de organizarlos, deben considerar el rompimiento de los enlaces y cómo se formaran nuevos enlaces entre átomos que inicialmente no estaban unidos, es allí donde ponen en consideración aspectos relacionados con los electrones del último nivel, regla del octeto, enlace químico, electronegatividad, valencia, y pueden proponer una ecuación química.

El trabajo de grupo permite a los estudiantes construir modelos de representaciones de reacciones químicas en donde socializaron sus representaciones personales y el porqué de ellas, planteando razones y cuestionamientos respecto a cada una de ellas, de esta manera retroalimentan sus conceptos, lo que les permite aclarar dudas teniendo en cuenta los diferentes niveles representacionales; saber de química es poder aplicar estos tres niveles, de una forma relacionada al estudio de un fenómeno, Johnstone A. H. (citado por Casado, 2005). El trabajo realizado con los estudiantes también les permite expresarse verbalmente utilizando el lenguaje científico de manera más apropiada, lo que se hace evidente en las explicaciones planteadas en las discusiones propiciadas en el desarrollo de la unidad didáctica y por el cuestionario final, en las cuales se nota el uso de términos más específicos para referirse al concepto de reacción química.

CAPITULO 6. CONCLUSIONES.

Al iniciar el estudio se encontró que el uso de representaciones macroscópicas es característico en las explicaciones que los estudiantes elaboran sobre el concepto “reacción química” y dichas representaciones dan idea sobre aspectos relacionados con aquellas características que son observables de un fenómeno; para el caso de las reacciones químicas, estas ideas están asociadas a la idea de la mezcla de sustancias e interacción de sustancias, las cuales dan origen a sustancias nuevas, a cambios de color, formación de burbujas, producción de gases. Los dibujos realizados por los estudiantes también están asociados con los materiales de laboratorio o de experiencias realizadas tal y como los perciben y en algunas ocasiones éstos van acompañados de aclaraciones escritas sobre detalles específicos de los dibujos realizados.

La unidad didáctica construida a partir de las ideas previas de los estudiantes, condujo al diseño y desarrollo de actividades que propiciaban el uso de múltiples representaciones semióticas como una alternativa para ayudar en la construcción del concepto científico de reacción química. En el desarrollo de estas actividades se nota el uso de representaciones que se tienen en cuenta el nivel microscópico, como las estructuras de Lewis, que hacen posible pensar en aspectos relacionados con la formación y ruptura de enlaces, por lo tanto la modelización de estas fórmulas utilizando modelos dinámicos de bolas y palos permite incorporar ideas sobre el rompimiento y reorganización de los átomos, lo cual contribuye a comprender lo que se expresa en una ecuación química cuando se utilizan fórmulas y símbolos para representar una reacción química.

A medida que se desarrollan ciertas actividades de la unidad didáctica donde se les proporciona otro tipo de representaciones que consideran aspectos relacionados con otros niveles, los estudiantes van involucrando términos y representaciones utilizando símbolos químicos, ecuaciones, dibujos (para representar enlaces, átomos, moléculas) que les facilitan explicar sus ideas de otra manera, teniendo en cuenta otros niveles (microscópico y simbólico) y comunicarse con un lenguaje más cercano al lenguaje científico.

Como se mencionó anteriormente, las ideas previas de los estudiantes sobre el concepto “reacción química”, se encuentran representadas en su mayoría en el nivel macroscópico, posterior a la intervención se representa el concepto desde los tres niveles representacionales. Cuando los estudiantes proponen interpretaciones de fenómenos que suceden a nivel microscópico, suelen escribir ecuaciones para representarlos, sin embargo en la mayoría de los casos siguen planteando explicaciones en función de las características macroscópicas observadas, por lo tanto es conveniente hacer uso de otro tipo de representaciones que les permita incorporar ideas relacionadas con el carácter particulado de la materia.

Cuando el estudiante asocia las representaciones macroscópicas y simbólicas interpreta en cierta medida lo relacionado a la estequiometría, las representaciones en el nivel microscópico ayudan al estudiante a mejorar su concepto ya que en ellas él puede tener en cuenta aspectos relacionados con la organización molecular de los compuestos y puede dar cuenta de cómo se organiza la estructura o cómo ésta puede cambiar de acuerdo a lo requerido en una reacción, en

este nivel puede representar a los átomos y asociarlos a otros niveles para comprender la reacción más allá de la combinación de sustancias para obtener otra.

Podemos mencionar que el uso de representaciones ayuda al estudiante en la comprensión del concepto, éstas lo van orientando para que mejore sus ideas previas y lo conducen a fortalecer el concepto de un manera analítica y comprensiva, sirven de puente entre el nivel macro y micro para poder relacionar estas ideas.

CAPITULO 7. RECOMENDACIONES

Cuando un estudiante construye una representación en el nivel microscópico, no garantiza que comprende la materia desde lo particulado, es conveniente plantearle preguntas desde este nivel para que dé cuenta de dichas representaciones con explicaciones verbales o escritas y proponerle que construya otras en el mismo o diferente nivel.

Cuando el estudiante escribe una ecuación utilizando símbolos o fórmulas y se le indica que lo haga teniendo en cuenta el nivel microscópico, ellos las construyen sin tener en cuenta aspectos fundamentales como ley del octeto, tipo de enlace en la molécula, estructura molecular, por ello se recomienda el trabajo teniendo en cuenta las estructuras de Lewis, utilizando bolas y palos en las cuales se consideran aspectos fundamentales del concepto “reacción química” antes no considerados por ellos y le facilitan la construcción en el nivel microscópico.

El tránsito entre los tres niveles representacionales facilita la comprensión del concepto, por lo tanto facilitar este tipo de representaciones en el proceso enseñanza-aprendizaje es conveniente para el cambio conceptual.

Es conveniente que la representación del rompimiento de enlaces se realice de manera simbólica mostrando los átomos separados, indicando los electrones de valencia para cada átomo y la posibilidad de enlace, también es importante indicar cómo se reordenan y por qué, para obtener

el producto, esto contribuye a facilitar la comprensión de lo que sucede internamente durante la reacción química a nivel microscópico. Se recomienda que esta representación también se haga de manera tridimensional (bolas y palos) para facilitar la apropiación de estos conceptos y la comprensión del reordenamiento de los átomos a nivel microscópico.

CAPITULO 8. ANEXOS

Anexo 1. Descripción de la Unidad Didáctica.

Una unidad didáctica para propiciar múltiples representaciones semióticas en torno al concepto de reacción química.

“Comprendiendo lo macro desde lo microscópico”

INTRODUCCIÓN.

Comprender algunas relaciones existentes entre los procesos de enseñanza y los de aprendizaje mediados por las representaciones, es relevante para la didáctica, así, el tratamiento que el sujeto da a las representaciones semióticas puede dar cuenta de la construcción, reconstrucción y cambio de los significados que tiene.

Duval (1999) plantea que “no hay conocimiento que un sujeto pueda movilizar sin una actividad de representación” es por ello que en esta unidad didáctica nos interesa tener en cuenta las representaciones que tienen los estudiantes y cómo éstas se van transformando contribuyendo al cambio del concepto (específicamente de Reacción Química).

Un concepto estructural y central de la química es el de Reacción Química, por tal razón es importante que los estudiantes interpreten el concepto de reacción química utilizando distintos niveles representacionales y esencialmente la conciban como una reorganización de los átomos

que implica la ruptura y formación de enlaces químicos, conduciendo ello a la producción de nuevas sustancias.

La unidad didáctica que presentamos está organizada en actividades que proponen múltiples representaciones semióticas con el fin de obtener aprendizajes más significativos del concepto “Reacción Química”. Dicha unidad permite determinar la contribución de las representaciones semióticas al cambio del concepto de reacción química.

JUSTIFICACIÓN

Se diseñó la Unidad didáctica para guiar el desarrollo de las actividades planeadas y organizadas, con la intencionalidad de facilitar en los estudiantes la producción de Representaciones semióticas, dirigidas a la comprensión del concepto, Campanario y Moya (1999) señalan “el diseño de unidad didáctica como una de las tendencias más recientes y afortunadas para la enseñanza de la ciencia” (p.188). En este sentido, hemos abordado la enseñanza del concepto de reacción química desde una perspectiva constructivista.

Se espera que el desarrollo de la presente unidad didáctica permita a los estudiantes de grado 10 de educación media (entre 14 y 16 años) propiciar y construir múltiples representaciones semióticas sobre el concepto de reacción química, a través de diversas actividades de representación con recursos semióticos. Las representaciones planteadas por los estudiantes serán el insumo para determinar cómo ellas contribuyen al cambio del concepto “Reacción Química”, en dichos estudiantes.

DESARROLLO DE LA UNIDAD DIDÁCTICA.

EL diseño didáctico se fundamenta desde el Ciclo de Aprendizaje Constructivista Jorba y Sanmartí, 1996 (citado por Quintanilla, 2010) el cual considera las siguientes cuatro fases: 1.Exploración, 2. Introducción de nuevos conceptos, 3. Sistematización y 4.Aplicación. En cada una de las fases se describen los objetivos, las orientaciones para el profesorado y las actividades para los y las estudiantes, así como las Competencias de Pensamiento Científico asociadas a las actividades.

PRESENTACIÓN DE LA FICHA OPERACIONAL DE LA UNIDAD DIDÁCTICA:

Tema principal de la unidad didáctica: Reacciones químicas.

Nivel en que se puede aplicar la unidad didáctica: Estudiante 10° grado. Secundaria (edades entre 14-16 años)

Número de estudiantes por curso:30

Número de sesiones para el tratamiento de los contenidos: 12 sesiones de dos horas cada una

Número de horas semanales asignada a la asignatura: 4 horas

Materiales: Descritos en cada actividad

1. “Cambios físicos y químicos y su relación con las reacciones químicas”
2. Vídeo experimento Vela-globo

3. Cuestionario inicial

.....
4. Actividad 2 y 3: Reacción química un proceso de ruptura y formación de enlaces químicos.

5. Representaciones químicas

6. Cuestionario final (Cf)

Anexo 2. Actividades de la Unidad Didáctica

INSTITUCIÓN EDUCATIVA BELISARIO PEÑA PIÑEIRO

ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

Profesores: Libardo Benítez Mondragón y Martha Lucia Valderrama S.

Grado Décimo.

“Cambios Físicos y químicos y su relación con las Reacciones químicas”

Actividad 1.

Etapas del ciclo de aprendizaje: Exploración.

Objetivo de enseñanza:

- Motivar a los estudiantes para el estudio de las Reacciones Químicas.

Objetivo de aprendizaje:

- Soy capaz de identificar y diferenciar cambios físicos y químicos y su relación con las Reacciones químicas.

Descripción de la actividad: tiempo estimado (2 horas clase).

Tiempo	Actividad	¿Qué se espera?
15 min	Presentación de Video. Cambios físicos y químicos.	Prestar atención
15min	Comentar aspectos relacionados con el video – aclaraciones (explicaciones por parte del profesor)	Participación.
20 min	En grupos de 4 estudiantes: *Escriba 10 situaciones de la vida cotidiana que se consideran cambios físicos y 10 situaciones de cambios químicos *Escriba cuál es la relación entre cambio químico y reacción química.	Listado de 20 situaciones.
30 min	Socialización y aclaración a partir del ejercicio anterior.	Participación y contrastación del trabajo realizado.
30 min	De manera individual y en el formato “ Qué aprendí el día de hoy? ”, los estudiantes escribirán lo que aprendieron en esta sesión de trabajo:	Conclusiones consignadas en el formato “ ¿Qué aprendí el día de hoy? ”

¿Qué aprendí el día de hoy? (30 min)

Diferencias	
Cambio Físico.	Cambio Químico.

- Reacción Química es _____

- Lo que aprendí el día de hoy me sirve en la vida para _____

- ¿Qué otra cosa aprendí?

Haz un dibujo al respaldo de la hoja (representación) que ilustre una de las situaciones de cambio químico que propusiste



INSTITUCIÓN EDUCATIVA BELISARIO PEÑA PIÑEIRO

ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

Profesores: Libardo Benítez Mondragón y Martha Lucia Valderrama S.

Grado Décimo.

“Representaciones químicas”

La química es una de las asignaturas escolares que presenta serios problemas en su comprensión y enseñanza en el nivel medio, como lo muestran diversas investigaciones realizadas en distintos contextos, edades cronológicas y niveles educativos (Chamizo, 1996; Driver, 1989). Estas investigaciones muestran que la dificultad principal que tiene los estudiantes en la comprensión de los conceptos químicos está relacionada con la necesidad de contar con un pensamiento abstracto que les permita representar un modelo de interpretación de la materia a nivel submicroscópico. (Valdez, 1998).

Johnstone A. H. (citado por Casado, 2005) fue uno de los autores en destacar la importancia de diferenciar tres niveles de representación de la materia: (1) nivel sensorial o perceptivo (nivel macroscópico), (2) nivel partículas: átomos moléculas o iones (nivel microscópico o submicroscópico) y (3) nivel símbolos fórmulas y ecuaciones (nivel simbólico). Desde esta perspectiva, saber química es poder aplicar estos tres niveles, de una forma relacionada, al estudio de un fenómeno.

¿QUÉ PASA CUANDO HAY UNA REACCIÓN QUÍMICA?

Atribución de propiedades macroscópicas a lo microscópico.

El conocimiento cotidiano, es decir no científico, asume que el mundo es tal cual se percibe y por ende lo que no se percibe, no se concibe; por tal motivo y, como lo indican Gómez Crespo y Pozo (1998), las partículas que constituyen la materia tendrían las mismas propiedades que las sustancias, es decir que los alumnos atribuyen propiedades macroscópicas a las partículas microscópicas tales como, átomos, moléculas o iones. Esta situación, es decir, la confusión entre el sistema de referencia factual o macroscópico con el de referencia atomista o microscópico, constituye el denominado *sustancialismo* (Chastrette, 1991) o *pensamiento sustancializador* (Sanmartí, 1991, citado en Estaña e Izquierdo, 1997) y lleva a la interpretación de los fenómenos microscópicos en función de las características macroscópicas observadas en dicho fenómeno, aunque puedan inclusive, representarlo en forma de ecuación química (Nappa, 1997).

En lo que respecta a las representaciones sobre la estructura corpuscular de la materia, varios autores han encontrado que los alumnos no establecen una distinción entre las propiedades de las sustancias y las propiedades de las partículas (De Vos y Verdonk 1987, Gabel 1989, Novick y Nussbaum 1979, 1981). Un átomo posee las mismas propiedades (estado físico, color, maleabilidad, etc.) que la sustancia que constituye. Esta concepción que mezcla el sistema de referencia factual (macroscópico) con el referente atomista (microscópico) ha sido denominada

«sustancialismo» (Franco 1990, Furió et al.1989). Aun cuando el término átomo es utilizado frecuentemente en los cursos de química, los adolescentes no han abandonado totalmente el modelo continuo de la materia. En esta perspectiva el conflicto que surge de la existencia simultánea de un modelo «intuitivo-continuo » y otro «científico-discontinuo» es resuelto por el alumno considerando las partículas como pequeñas porciones de la sustancia.

Debido al sustancialismo los alumnos consideran las propiedades de las partículas igual a las de las sustancias (Furió y Gil Pérez, 1989, Pozo y Gómez Crespo, 1998).

Esto se pone de manifiesto cuando los alumnos eligen como respuesta correcta una representación gráfica donde las partículas de una sustancia gaseosa (agua) son de mayor tamaño que las de agua líquida y éstas, a su vez, más grandes que las del agua en estado sólido.

Estas correlaciones erróneas tienen relación con el llamado “realismo ingenuo” (Pozo y Gómez Crespo, 1998) que se centra en los aspectos perceptivos del mundo y cuyas concepciones organizadas deben ser superadas por los individuos y evolucionar hacia la interpretación de los fenómenos a partir de modelos.

Por otra parte y relacionado con este último concepto, nos encontramos con que, si bien algunos alumnos utilizan adecuadamente los modelos de la química, no son conscientes de que ellos *representan* la realidad, pero *no son* la realidad misma.

Objetivo de enseñanza:

Proporcionar al estudiante un espacio que le permita transitar entre las explicaciones basadas en las observaciones macroscópicas (cambio de color, formación de precipitado, etc) y sus representaciones semióticas sobre el concepto reacción química.

Objetivo de aprendizaje:

Soy capaz de explicar qué sucede cuando se lleva a cabo una reacción química, utilizando distintas representaciones semióticas

Tiempo requerido: 3 horas.

Descripción de la actividad:

En grupos de trabajo y utilizando el material indicado, llevarán a cabo las prácticas que se proponen siguiendo las instrucciones para cada caso.

Nombre de la actividad:

“Reacción química: un proceso de ruptura y formación de enlaces químicos”

Etapas del ciclo de aprendizaje:

Introducción de nuevos conocimientos.

Objetivo de enseñanza:

- Aproximar al estudiante al concepto de reacción química mediante el uso de representaciones moleculares.

Objetivo de aprendizaje:

REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

- Soy capaz de representar reacciones químicas mediante el uso de estructuras moleculares tridimensionales y relacionarlas con otro tipo de representación.
- Soy capaz de argumentar la formación de nuevas sustancias a partir de las representaciones moleculares que construyo y las contrasto con otros tipos de representaciones.

Descripción de la actividad: tiempo estimado (30 min)

Tiempo	Actividad	¿Que se espera?
	De manera individual leer el material propuesto. La reacción química y la teoría atómica. Anexo 1	
	Explicación por parte del docente de aspectos considerados en la lectura, teniendo en cuenta en usar distintas representaciones.	
	Trabajo en grupo: los estudiantes forman grupos de a 4 integrantes y desarrollan la práctica propuesta. Anexo 2.	

LA REACCIÓN QUÍMICA Y LA TEORÍA ATÓMICA

Es importante que tengas en cuenta la siguiente información que te dará elementos para realizar las actividades propuestas.

De muchas definiciones que se encuentran en la literatura sobre reacción química, a continuación te presentamos tres de ellas, las cuales te serán de gran utilidad para desarrollar las actividades propuestas. Ten en cuenta leerlas y discutir las con tus compañeros de grupo antes de iniciar la actividad (Tiempo estimado: 60 min)

- ☺ Una reacción química ocurre cuando una o varias sustancias se transforman en otras nuevas, con propiedades físicas y químicas diferentes. Generalmente están acompañadas de algún cambio observable como cambio de color, olor, producción de gases, formación de precipitado, variación de la temperatura, etc.

- ☺ La reacción química es el proceso mediante el cual un átomo o grupo de átomos son redistribuidos y resulta en un cambio de la composición molecular de las sustancias.

- ☺ Una reacción química es un proceso de ruptura y formación de enlaces químicos, que va acompañado de liberación de energía o absorción de energía. Al romperse y formarse

enlaces químicos, los átomos se reordenan formando sustancias químicas con propiedades y características distintas. Las reacciones químicas pueden ser reversibles o irreversibles, lo que se señala en la ecuación química mediante una flecha.

Puesta en común de los aspectos identificados.

Escribe en el espacio los aspectos que consideres más relevantes de las definiciones planteadas.

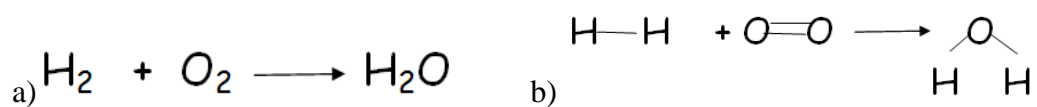
Veamos ahora una explicación de cómo sucede una reacción química:

Lectura inicial: 20 min. Y posteriormente **intervención por parte del profesor** a partir de las inquietudes e interpretaciones de los estudiantes. (20 min.).

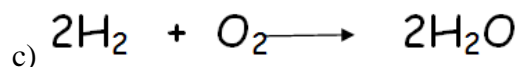
Según la teoría atómica toda sustancia, elemento químico o compuesto está constituida por átomos, los cuales se unen entre sí formando moléculas.

Desde el punto de vista de esta teoría, una reacción química consistirá en la ruptura de los enlaces de las moléculas de los reactivos y el reagrupamiento de los átomos resultantes, mediante nuevos enlaces, para formar moléculas distintas.

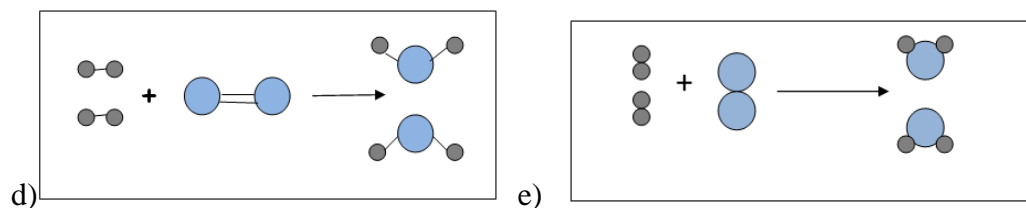
En la reacción del Hidrógeno (H_2) con el Oxígeno (O_2) se forma agua (H_2O)



La ecuación balanceada quedaría:

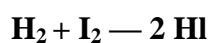


$$2 \times 2.02 \text{ g} + 32 \text{ g} = 2 \times 18.02 \text{ g}$$



Según se observa en las representaciones (c, d, e) no se ganan ni se pierden átomos. Así pues el número y clase de átomos se conserva en las reacciones químicas, lo que explica la ley de Lavoisier.

Una explicación de cómo tiene lugar una reacción es suponer que las moléculas de los reactivos se encuentran en incesante movimiento dando lugar a choques entre ellas que provocan la ruptura de enlaces, reordenándose los átomos de distinta manera. Una reacción muy estudiada es la que tiene lugar entre el yodo y el hidrógeno gaseoso para producir yoduro de hidrógeno, también en estado gaseoso, pudiéndose expresar la reacción química de la siguiente forma:

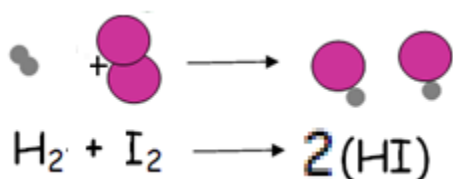


Todas las especies que intervienen en la reacción son compuestos de naturaleza covalente, y la reacción consiste en un proceso de ruptura de unos enlaces y el establecimiento de otros nuevos.

Para averiguar los enlaces rotos y formados, escribiremos la reacción mediante:



Los enlaces que se rompen son los de hidrógeno-hidrógeno (H—H) y yodo-yodo (I—I), para originar 2 moléculas de yoduro de hidrógeno, cada una de las cuales con un enlace hidrógeno-yodo (H—I).



En las REACCIONES QUÍMICAS, unas sustancias desaparecen y otras nuevas se forman. Las sustancias inicialmente presentes llamadas REACTIVOS desaparecen más o menos completamente y una o varias sustancias nuevas llamadas PRODUCTOS, aparecen.

La reacción química es un fenómeno que se caracteriza por:

- 1) Un cambio permanente de las propiedades de las sustancias reaccionantes, porque las propiedades físicas y químicas de los reactivos son diferentes a los de los productos de la reacción.
- 2) Un desprendimiento o absorción de energía (calor, luz, electricidad, etc).

Una característica muy importante que conviene tener en cuenta y que se presenta en toda reacción química es el hecho, comprobado de que puede cambiar la clase de materia pero no su

cantidad. A esta conclusión llegó Lavoisier, siglo XVIII, enunciando la ley que lleva su nombre también conocida como Ley de conservación de la masa:

“La masa total de las sustancias que intervienen en una transformación química permanece constante e invariable”.

Guía de la práctica a realizar.

“Reacción química: un proceso de ruptura y formación de enlaces químicos”

Lo que pretendemos es ver como las ideas iniciales de los estudiantes se van transformando a partir del uso de distintas representaciones semióticas.

Materiales:

- Bolas de icopor # 1, 3, 5 previamente coloreadas
- Palillos de madera
- Ega
- Tabla periódica
- Un encendedor a gas

Tiempo requerido

6 horas

Descripción de la actividad:

REPRESENTACIONES SEMIÓTICAS

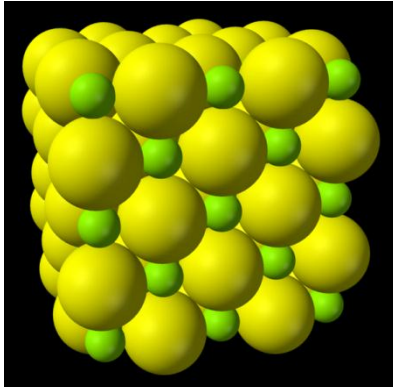
- La actividad se desarrollará en grupos de trabajo de 4 estudiantes.
- utilizando el material que se les ha entregado, cada uno de los grupos representará las situaciones planteadas a continuación.
- Al finalizar cada grupo compara su trabajo con otros compañeros y luego socializan indicando además ¿qué diferencias encuentran y por qué?
- Tengan en cuenta las siguientes convenciones:

Elemento	Color sugerido	Nº de bolas
Magnesio	Plateado	1
Oxigeno	Blanco	10
Azufre	Amarillo	1
Calcio	Verde	1
Hidrogeno	Azul	8
Hierro	Rojo	2
Un metal	Morado	2

Situación 1. Tiempo estimado 15 min.

El magnesio al combinarse con azufre forma sulfuro de magnesio.

En algunas reacciones el azufre, se elimina por reacción con magnesio en polvo formándose el sulfuro de magnesio.



- Utilizándolos símbolos de la tabla periódica, escribe la representación de la situación anterior.

- _____

Red cristalina del sulfuro de magnesio

- ♥ Represente la situación anterior con el material entregado de bolas y palos.
- ♥ Escriba detalladamente que le sucede a los elementos iniciales para que se transformen en este compuesto.

Situación 2. Tiempo estimado 40 min.

Reacción del sodio y el agua

Los metales alcalinos, litio (Li), sodio (Na), potasio (K), rubidio (Rb), cesio (Cs) y francio (Fr), son metales blandos de color gris plateado que se pueden cortar con un cuchillo.

Presentan densidades muy bajas y son buenos conductores de calor y la electricidad; reaccionan de inmediato con el agua, oxígeno y otras sustancias químicas, y nunca se les encuentra como elementos libres (no combinados) en la naturaleza.

Los compuestos típicos de los metales alcalinos son solubles en agua y están presentes en el agua de mar y en depósitos salinos. Como estos metales reaccionan rápidamente con el oxígeno, se venden en recipientes al vacío, pero por lo general se almacenan bajo aceite mineral queroseno. En este grupo los más comunes son el sodio y el potasio.

Estos metales, cuyos átomos poseen un solo electrón en la capa externa, son monovalentes. Dada su estructura atómica, ceden fácilmente el electrón de valencia (se oxidan) y pasan al estado iónico. Esto explica el carácter electropositivo que poseen, así como otras propiedades: **Li+**, **Na+**, **K+**,...

Desarrollan una fuerte reacción con el agua, formando hidróxidos:



El sodio se emplea fundamentalmente como componente de la sosa cáustica o hidróxido de sodio, **NaOH**, cuyos usos más importantes son:

Manufactura de productos químicos · Industria del papel · Tratamiento de alúmina (**Al₂O₃**) · Industria textil · Refinación de petróleo · Jabones y detergentes

♥ Represente la situación anterior con el material entregado de bolas y palos.

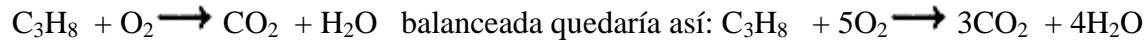
- ♥ Escriba detalladamente que le sucede a los elementos iniciales para que se transformen en este compuesto.

Situación 3. Tiempo estimado 40 min.

Traer encendedor el grupo para este experimento.

El propano se identificó como componente volátil en la gasolina por el Dr. Walter O. Snelling de la oficina de minas de EE.UU. en 1910. Debido a la volatilidad de estos hidrocarburos ligeros, fueron conocidos como "salvajes" ("wild" en inglés) por la gran presión de vapor en la gasolina no refinada. El 31 de Marzo, el New York Times informó sobre el trabajo con gas licuado del Dr. Snelling y que "... una botella de acero de este gas será suficiente para alumbrar un hogar común durante tres semanas. "El principal uso del propano es el aprovechamiento energético como combustible. Con base al punto de ebullición más bajo que el butano y el mayor valor energético por gramo, a veces se mezclan con éste o se utiliza propano en vez de butano. En la industria química es uno de los productos de partida en la síntesis del propeno. Además se utiliza como gas refrigerante (R290) o como gas propulsor en aerosoles.

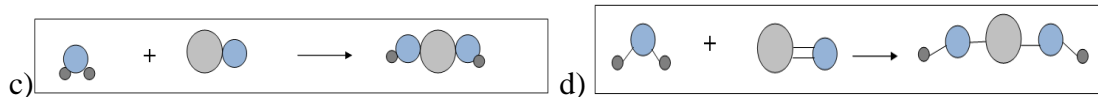
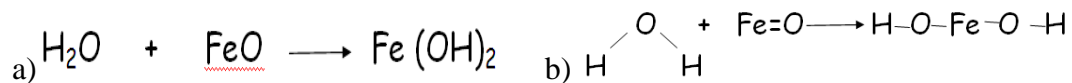
Una de sus representaciones simbólicas es:



- ♥ Represente la situación anterior con el material entregado de bolas y palos.
- ♥ Escriba detalladamente que le sucede a los elementos iniciales para que se transformen en este compuesto.

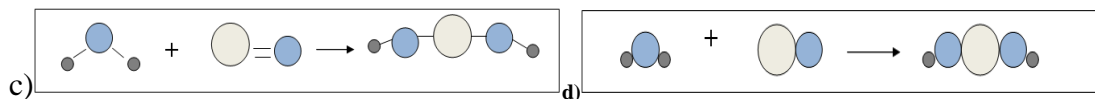
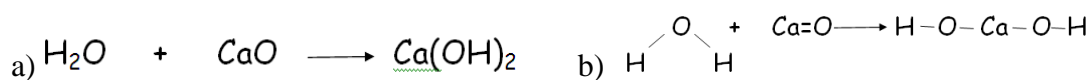
Situación 4. Tiempo estimado 40 min.

A continuación encontraras una serie de situaciones en donde se representan reacciones químicas de diferentes maneras, lo que tienes que hacer es escoger la opción u opciones con las que estés de acuerdo y justificarla (s).



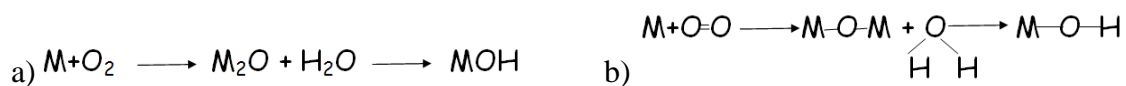
¿Con cuál de ellas estás de acuerdo? _____ ¿por qué? _____

Cuatro estudiantes proponen las siguientes representaciones para una reacción química.



¿Con cuál de ellas estás de acuerdo? _____ ¿por qué? _____

Cuatro estudiantes proponen las siguientes representaciones para una reacción química.



¿Con cuál de ellas estás de acuerdo? _____ ¿por qué? _____

La ecuación balanceada quedaría así: $4 M + O_2 \longrightarrow 2 M_2O + 2H_2O \longrightarrow 4 MOH$

Al finalizar:

- A. Después de terminado el trabajo en cada sesión, cada grupo compara sus representaciones con las de otros grupos e identifican en qué se diferencian. ¿Por qué?
- B. Cada grupo expone y deja consignado en el tablero sus apuntes.
- C. ¿Qué dificultad encontraron para realizar este trabajo y cómo lograron solucionarla? (metacognitiva).
- D. Qué modificarías de tu trabajo y que aspectos nuevos o encontrados tuviste en cuenta para hacer dichas modificaciones por qué?

Tiempo estimado: 2 horas.

	Datos.
Situación	
Representación simbólica	
Dibujo de la Representación que hicieron con el material	
¿Qué sucede con los elementos representados para que ustedes	

¿Hayan propuesto esas representaciones?	
¿Qué sucede cuando se forma una nueva sustancia?	
¿Por qué se forman las sustancias nuevas?	

INSTITUCIÓN EDUCATIVA BELISARIO PEÑA PIÑEIRO

ÁREA DE CIENCIAS NATURALES

Profesores: Libardo Benítez Mondragón y Martha Lucia Valderrama S.

Grado Décimo.

“Representaciones químicas”

Objetivo de enseñanza:

- Aproximar al estudiante al concepto de reacción química mediante el uso de diferentes tipos de representaciones.

Objetivo de aprendizaje:

- Soy capaz de explicar las reacciones químicas mediante el uso de otro tipo de representación.
- Soy capaz de explicar la formación de nuevas sustancias a partir de las representaciones que construyo y las contrasto con otros tipos de representaciones.

Reacción química. Es un proceso en el cual unas sustancias, llamadas reactivos, se transforman en otras, llamadas productos. Los reactivos rompen sus enlaces originales para formar otro tipo de enlaces diferentes y distribuyendo sus átomos también de manera diferente.

Las sustancias que reaccionan (reactivos) se deben encontrar (chocar) con suficiente energía. Al chocar se romperán todos o algunos de los enlaces que tienen las moléculas que reaccionan o los átomos que se intercambian para formar nuevas moléculas; los átomos o grupos de átomos resultantes del choque reorganizarán sus enlaces, creándose otras sustancias diferentes a las iniciales (productos de la reacción).

Por tanto, en una reacción química tendrá lugar:

1-Las sustancias que reaccionan (reactivos) se deben encontrar. Normalmente necesitaremos otras sustancias que sirvan como punto de encuentro de los reactivos, estas sustancias no se modificarán en el proceso y se denominan **catalizadores**.

2-El choque que tiene lugar al encontrarse liberará suficiente energía para romper enlaces de las moléculas que participan en el fenómeno químico.

3-Se formarán nuevos enlaces, con la consiguiente aparición de compuestos diferentes a los iniciales (productos).<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/140/14003105.pdf>

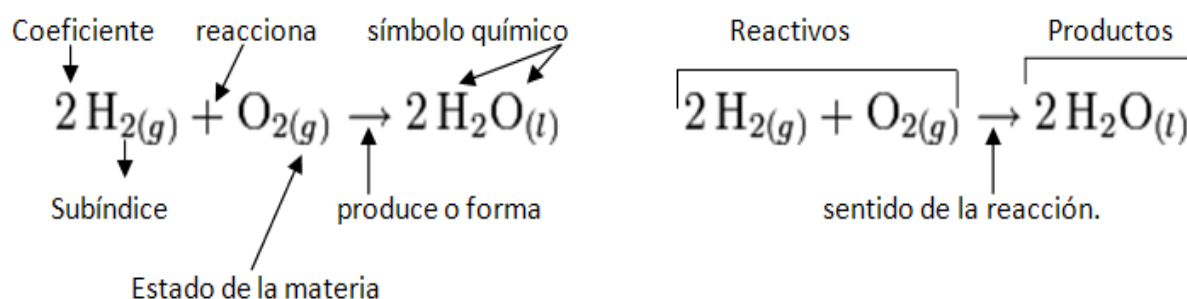
Resumiendo, las características más relevantes de las reacciones químicas son:

1-Tiene lugar un cambio en las propiedades de los cuerpos que reaccionan.

2-Existe una variación de energía que se pone de manifiesto en el transcurso del proceso.

Representación de una reacción química.

No olvides que al escribir las reacciones químicas ponemos a la izquierda los reactivos y a la derecha los productos pero que al ocurrir las reacciones ni los unos ni los otros se mueven del lugar en el que se encuentran. Las reacciones químicas tienen lugar en un recipiente (denominado reactor) y es en dicho lugar donde desaparecen los reactivos y aparecen los productos. La escritura a la izquierda de reactivos y a la derecha de los productos es una forma de representar el avance de la reacción pero no quiere decir que se desplacen de izquierda a derecha.



Ley de Lavoisier.

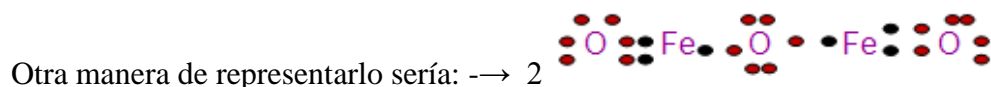
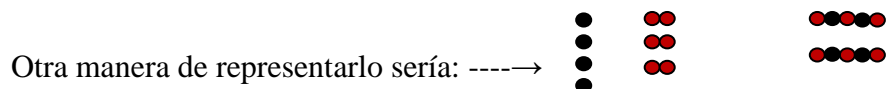
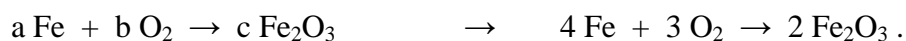
La 'Ley de Lavoisier' o 'Ley de conservación de la masa' en otros términos, antes de la reacción y después de la reacción, tendremos el mismo número de átomos de cada uno de los elementos existentes. La única diferencia es que dichos átomos estarán unidos de otra forma"

Ajuste de una reacción química.

Esto se realiza colocando números delante de las fórmulas de manera que a ambos lados de la flecha se tenga el mismo número y tipo de átomos. No olvides que sólo puedes cambiar los números que se ponen delante de las fórmulas (coeficientes estequiométricos), no se pueden tocar los subíndices de las fórmulas puesto que el compuesto cambiaría al modificar los

subíndices. Como estos coeficientes afectan al número total de átomos que interviene en la reacción, ajustar una reacción química es hacer cumplir la ley de Lavoisier para la reacción escrita: igual número de átomos de cada elemento en reactivos y en productos.

Una forma de realizar el ajuste es por tanteo. Veamos un ejemplo:



Los números para las letras a, b, c. Son respectivamente 4,3 y 2.

Nº de átomos de cada elemento en la izquierda = Nº de átomos de cada elemento en la derecha.

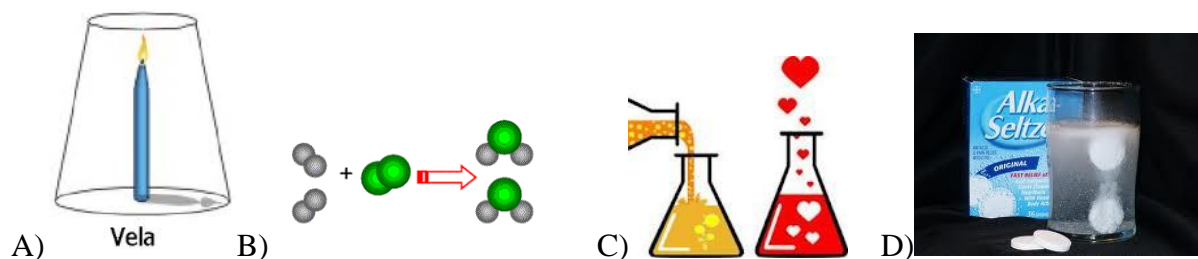
Actividad 1:

Ejemplos de fenómenos químicos:

- Digestión de los alimentos
- El vino que se convierte en vinagre
- La leche convertida en cuajo
- La grabación del negativo de una fotografía.

De los anteriores ejemplos escoge uno y explícalo desde la teoría atómica y represéntalo, puedes hacerlo con símbolos diferentes a la TP. Luego susténtalo.

Actividad 2: observa los siguientes esquemas:



De los anteriores ejemplos escoge uno y explícalo desde la teoría atómica y represéntalo, puedes hacerlo con símbolos diferentes a la Tabla Periódica. Luego susténtalo.

Actividad 3: escoge una situación que tengas presente y representa una reacción química, susténtala por escrito y socialízala, ten presente las siguiente sugerencia.

Las reacciones químicas también pueden estar representadas en una canción, película, comercial de televisión, en un cuento, en una pintura, en una foto, en una escultura, y muchas más.

“Según dicen los científicos, todo el universo no es sino cambio, actividad y proceso; una totalidad de flujo que es la base de todas las cosas:

Toda interacción subatómica consiste en la aniquilación de las partículas originales y la creación de nuevas partículas. El mundo subatómico es una danza continua de creación y aniquilación, de masa que se convierte en energía y energía que se convierte en masa. Formas efímeras entran en la existencia y salen de ella como una chispa, creando una realidad que no tiene fin y que es constantemente creada de nuevo”

Tomado de Gary Zukav, *“La danza de los maestros del wuli”* Barcelona, 1991 Plaza & Janés, Barceloha, 2ª edición.

Anexo 3 cuestionario inicial y final Experimento con bicarbonato de sodio y ácido clorhídrico

EXPERIMENTO CON BICARBONATO DE SODIO Y ÁCIDO CLORHÍDRICO.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES – PROGRAMA DE MAESTRÍA EN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS - COHORTE III -**

Proyecto de Investigación: *¿Cómo contribuyen las múltiples representaciones semióticas sobre reacción química en la evolución del concepto Reacción Química?*

Nombre: _____ **Grado:** _____ **Fecha:** _____

I.E. Belisario Peña Piñeiro

OBJETIVO: Indagar las ideas que tienen los estudiantes de grado 10 de la I.E. Belisario Peña Piñeiro acerca del concepto Reacción Química, a través de algunas de sus representaciones.

Estimado estudiante:

Las siguientes preguntas tienen como objeto recoger información acerca de las ideas que tienes sobre el concepto de Reacción Química. Esperamos que tus respuestas sean sinceras y ajustadas a tus propias ideas, no copies respuestas. Agradecemos tu valiosa colaboración.

Recomendamos leer la guía detenidamente y socializarla en el grupo de trabajo antes de iniciar.

EXPERIENCIA: REACCIÓN DE UN ÁCIDO CON EL BICARBONATO.

Introducción

En nuestro entorno cotidiano podemos observar transformaciones de la materia; cuando el agua se convierte en hielo o cuando quemamos un papel. Al observar éstas y otras transformaciones se podría pensar que en ellas hay algo de magia.

Mediante la siguiente actividad comprenderás que las transformaciones de la materia son extremadamente sorprendentes.

Materiales

Tubo de ensayo o recipiente de vidrio
 Bomba de hule
 Gradilla
 Espátula
 Embudo de caña corta
 Balanza de 3 brazos
 Vidrio de reloj
 Papel filtro

Reactivos

Ácido clorhídrico (HCl) al 37.5%
Precaución: leer la etiqueta

 Bicarbonato de sodio (NaHCO₃)

Procedimiento:

a) Determine las características del ácido clorhídrico y el bicarbonato de sodio (color, olor, estado, etc.)

Ácido clorhídrico:

Bicarbonato de sodio:

b) En un tubo de ensayo deposite 4 ml de ácido clorhídrico y colóquelo en la gradilla.

c) Después de haber pesado 3 gramos de bicarbonato de sodio, deposítelos en la bomba, con la ayuda del embudo de caña corta

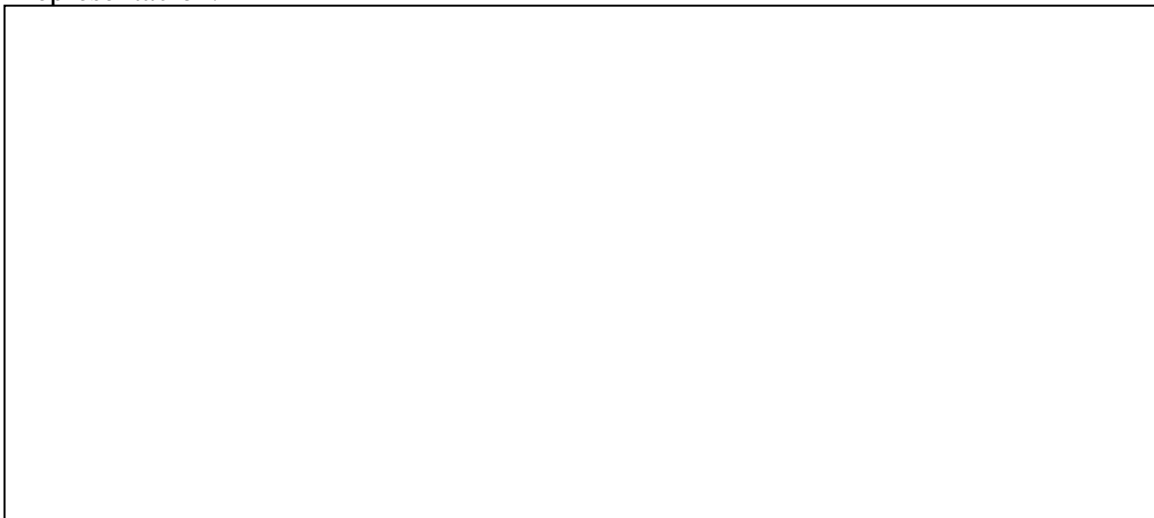
d) Elimine el aire que hay en el interior de la bomba, ejerciendo presión sobre ella.

e) Sujete la bomba a la boca del tubo de ensayo, cuidando que el borde de la bomba se desplace unos dos centímetros sobre el tubo de ensayo y sin dejar caer bicarbonato de sodio al tubo de ensayo.

e) Lentamente, agregue al ácido clorhídrico el contenido del globo (bicarbonato de sodio).

1. ¿Cómo justificas lo que sucedió? Representalo gráficamente.

Representación.



2. Al combinarse el bicarbonato de sodio con el ácido clorhídrico, ¿qué es lo primero que se forma?

Represente mediante símbolos lo sucedido.



Representa gráficamente lo que sucedió con las sustancias involucradas en el proceso.



¿Qué gas se formó y de dónde provino? _____

Después de agregar el bicarbonato de sodio, toque el tubo de ensayo en la parte inferior. ¿Qué sucede?

¿Cómo justificas lo que sucede? _____

Lo sucedido corresponde a:

a. Un cambio físico

Porque:

a. Un cambio químico

Porque:

Representa lo sucedido con las sustancias y materiales utilizados en todo el proceso. (Puedes usar una o varias de las siguientes opciones: esquema, dibujos, símbolos, fórmulas, otro)



Anexo 4 cuestionario inicial y final combustión de una vela.

*UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES – PROGRAMA DE MAESTRÍA EN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS - COHORTE III -*

*UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES – PROGRAMA DE MAESTRÍA EN
ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS - COHORTE III -*

Proyecto de Investigación: *¿Cómo contribuyen las múltiples representaciones semióticas sobre reacción química en la evolución del concepto Reacción Química?*

Nombre: _____ **Grado:** _____ **Fecha:** _____

I.E. Belisario Peña Piñeiro

OBJETIVO: *Indagar las ideas que tienen los estudiantes de grado 10 de la I.E. Belisario Peña Piñeiro acerca del concepto Reacción Química, a través de algunas de sus representaciones.*

Estimado estudiante:

Las siguientes preguntas tienen como objeto recoger información acerca de las ideas que tienes sobre el concepto de Reacción Química. Esperamos que tus respuestas sean sinceras y ajustadas a tus propias ideas, no copies respuestas. Agradecemos tu valiosa colaboración.

EXPERIENCIA: ENCENDER UNA VELA.

Materiales:

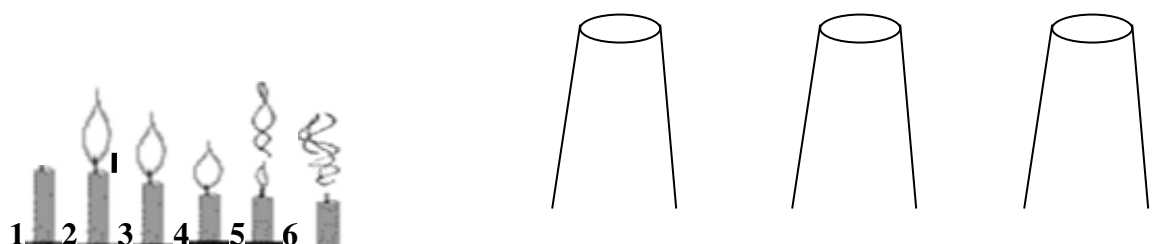
Vaso de cristal, cámara de video o celular, guía de trabajo.

Reactivos:

Vela de parafina (esta posee un componente químico en mayor proporción y corresponde a un alcano, que tiene como fórmula $C_{25}H_{52}$. y su nombre es n-pentacosano).

Encendedor o fósforo.

Encender una vela, es una experiencia que con frecuencia llevamos a cabo en nuestra vida cotidiana. El siguiente esquema ilustra los diferentes momentos en una experiencia con una vela encendida, de acuerdo a tus observaciones, de la práctica en el laboratorio y del esquema, responde las preguntas que se plantean a continuación.



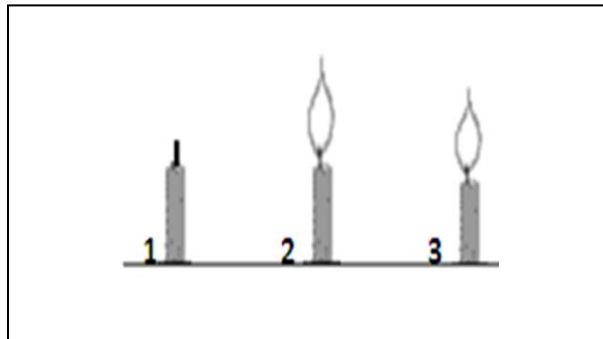
1. *¿Qué crees que sucede con la parafina cuando la vela permanece encendida?*

Porque: _____

2. *¿Qué es lo que hace que la vela siga encendida?*

Justifica tu respuesta: _____

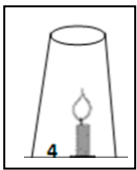
3. Después de un tiempo, en el momento 3, la vela disminuye de tamaño ¿Qué pasó?



JUSTIFICA TU RESPUESTA: _____

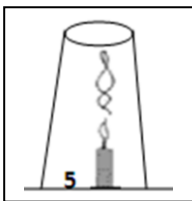
Representalo por medio de un dibujo lo que justificaste anteriormente:

4. ¿Qué crees que pasa con la parafina del momento 2 al momento 3? ¿Por qué? _____

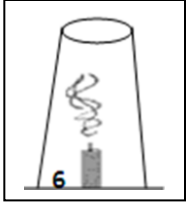


5- ¿Qué crees que sucede en el momento 4, cuando se coloca un recipiente

Sobre la vela aislándola del exterior (queda herméticamente sellada)? ¿Por qué?



6. ¿Qué crees que pasa en el momento 5? ¿Por qué?

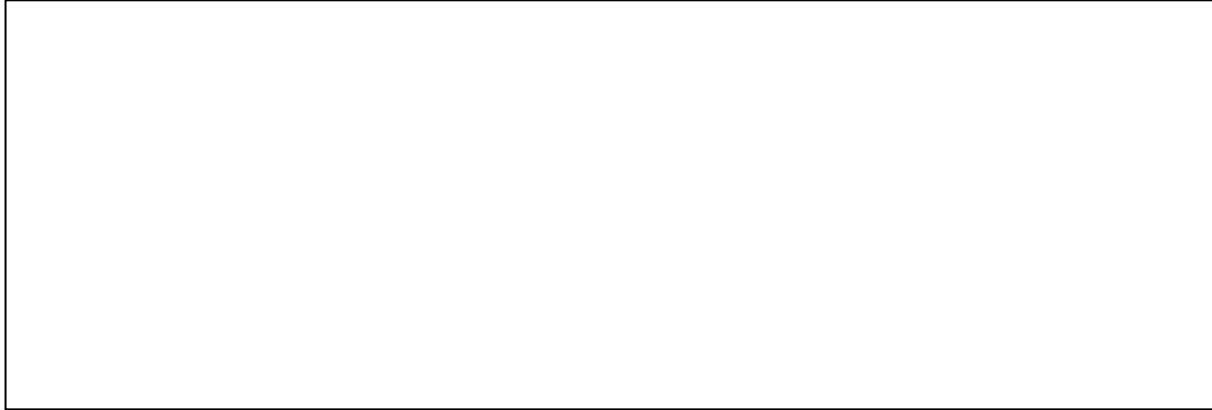


7- . ¿Qué crees que pasa en el momento 6?¿Por qué?

Representálo

8-Justifica el origen del humo en el momento en que se apaga la vela.

9- Si tuvieras un microscopio para observar el momento en que se apaga la vela, representa lo que observarías. Puedes usar una o varias de las siguientes opciones: esquema, dibujos. Símbolos, fórmulas, diagramas, otro.



10. Los componentes de una vela son el pabilo y la parafina ¿cuál es la función de cada uno de ellos para mantener la vela encendida? _____

11. Representa por medio de símbolos la respuesta anterior.



Representa tu justificación:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alvarado, J.A. (2009). Cambio conceptual en la química. Reboleds. Recuperado de <http://es.scribd.com/doc/39488810/Articulo-1-Cambio-Conceptual>
- Ardac, D. y Akaygum, S. (2004). Effectiveness of multimedia-based instruction that emphasizes molecular representations on students' understanding of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*. 41 (4), p.317 -337.
- Campanario, J. M. & Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Las principales tendencias y Propuestas. *Revista Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179 – 192.
- Casado, G., Raviolo, A. (2005) “Las dificultades de los alumnos al relacionar distintos niveles de representación de una reacción química”, en *Revista de la facultad de ciencias Pontificia Universidad Javeriana, Colombia, Universitas Scientiarum*, (10), 35 – 43.
- Chastrette, M. & Franco, M. (1991). La reacción química: descripciones e interpretaciones de los alumnos de liceo. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (3), 244.
- Cheng, M. & 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. & Treagust, D. (Ed.), *Multiple Representations in Chemical Education*. (pp. 55-74). Editorial Board.
- Colás, M. & Buendía, L. (1992). *Investigación Educativa*. Sevilla, España: Alfar.
- De Vos, W. & Verdonk, A. (1996). The particulate nature of matter in Science Education and in science. *Journal of Research in science Teaching*. 33 (6), 657- 664.

- Duit, R. y Tragust, D. (2003). Cambio conceptual: una estructura poderosa para mejorar la enseñanza aprendizaje de la ciencia. *International Journal or Science Education*. (25), 671 -688.
- Duval, R. (1999). *Semiosis y pensamiento humano. Registros semióticos y aprendizajes intelectuales*. Santiago de Cali – Colombia. Instituto de Educación y pedagogía Universidad del Valle.
- Furió, C. & Domínguez, M.C. (2007). Deficiencias en la enseñanza habitual de los conceptos Macroscópicos de sustancia y cambio químico. *Revista de Educación en Ciencias*, 8 (2), 84-92.
- Gabel, D. L. (1999). Improving Teaching and Learning Through Chemistry Education Research: A Lock to the Future. *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
- Galagovsky, L., Rodríguez, M.A., Stamati, N. y Morales L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. *Revista enseñanza de las ciencias*. 21 (1), 107 - 121.
- García, J.J. (2005). *La comprensión de las representaciones gráficas cartesianas presentes en los libros de texto de ciencias experimentales, sus características y el uso que se hace de ellas en el aula*. Granada, España: Universidad de Granada
- Gilbert, J. & Treagust, D. (Ed). (2009). *Models and modeling in science education. Multiple Representations in chemical education*. doi: 10.1007/978-1-4020-8872-8.
- Limón, M. (2005). *Psicología del pensamiento. Formación de conceptos y cambio conceptual* Barcelona, España: Editorial UOC.

- López, R., Saldarriaga, J.A. & Tamayo, O.E. (2007, julio-diciembre). Análisis de representaciones gráficas en libros de texto de química. *Revista latinoamericana de estudios en educación*, 3 (2): 61 – 86
- Martínez, F. Historia de la química. Recuperado de <http://www.gobiernodecanarias.org/educacion/3/usrn/lentiscal/1-cdquimica-tic/HistoriaCiencia/Historia%20de%20la%20qu%C3%ADmicaR.pdf>
- Merriam, S. (1998). *Qualitative research and case study applications in education*. San Francisco, California.
- Moreira, M. & Greca, I.M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciencia y Educación*, 9 (2), 301 – 315.
- Moreira, M. & Greca, I.M. (2002). *Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias*. Revista Brasileira de investigación en educación en ciencias. 2 (3) .Recuperado de <http://apice.webs.ull.es/pdf/conf2.pdf>
- Pozo, J.I. (1999). Más allá del cambio conceptual: el aprendizaje de la ciencia como cambio representacional. *Enseñanza de las ciencias*, 17 (3).
- Pozo, J.I. , Gómez, M. A., Limón, M., Sanz, M. (1991). Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química, C.I. D. E., *Colección Investigación*. 65. Madrid.
- Pozo, J.I. (2002). La adquisición de conocimiento científico como un proceso de cambio Representacional. *Investigaciones en la enseñanza de la ciencia*, 7 (3), 245-270.

- Pozo, J. I., Gómez, M. (2006). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Ediciones Morata S.L.
- Raviolo, A., Garritz, A., Sossa, 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.
http://reuredc.uca.es/index.php/tavira/article/viewFile/130/pdf_32
- Rocha, A. (2007). Diseño de una propuesta didáctica y su contribución a la enseñanza y aprendizaje del tema equilibrio químico, para alumnos que ingresan a la universidad (Tesis Doctoral). Universidad Santiago de Compostela.
- Stake, R. (1995). *Investigación con estudio de casos*. Madrid: Morata.
- Stavridou, H. y Solomonidou, C. (1998). Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *Internacional. Journal of Science Education*, 20 (2).
- Tamayo, O.E. (2009). Representaciones semióticas y evolución conceptual en la enseñanza de las ciencias y las matemáticas. *Revista Educación y pedagogía*, 18 (45). p.40.
- Tamayo, O.E. (2001). Evolución conceptual desde una perspectiva multidimensional. Aplicación al concepto de Respiración (Tesis Doctoral). Universidad Autónoma de Barcelona.
- Tamayo, O.E., Sanmartí, Neus. (2003). Estudio multidimensional de las representaciones mentales de los estudiantes. Aplicación al concepto de respiración. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 1 (1). Recuperado de <http://revistaumanizales.cinde.org.co/index.php/Revista-Latinoamericana/article/view/338/204>