

ANÁLISIS DE LOS POSIBLES CAMBIOS DE LOS
CONOCIMIENTOS-EN-ACCIÓN DE ESTUDIANTES DE OCTAVO Y
NOVENO GRADO, EN RELACIÓN AL CONCEPTO DE REACCIÓN
QUÍMICA

LINA MARCELA BERRÍO HENAO
MÓNICA TATIANA CÓRDOBA ZAPATA
ANNY FERNANDA IBARRA HIGUITA
YENI LUCILA MESA SÁNCHEZ

TRABAJO FINAL DE INVESTIGACIÓN MONOGRÁFICA PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADAS EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y
EDUCACIÓN AMBIENTAL

ASESORA
GLORIA MARÍA CARDONA CASTAÑO

UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA
FACULTAD DE EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS Y ARTES
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS EN CIENCIAS NATURALES Y
EDUCACIÓN AMBIENTAL
MEDELLÍN
2009

RESUMEN

La presente investigación monográfica, enmarcada en la metodología cualitativa, específicamente en estudio de caso, analiza, a partir de situaciones problema, los posibles cambios de los conocimientos-en-acción (teoremas y conceptos-en-acción) en relación a la conceptualización inicial de reacción química, de ocho estudiantes de los grados octavo y noveno de la Institución Educativa Normal Superior de Envigado. El diseño de las situaciones y el proceso de análisis, se realiza bajo el referente de la teoría de Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud.

Se destacan pocos cambios en los conocimientos-en-acción de los participantes de este estudio, dado que se evidencian algunos aspectos a nivel conceptual, cognitivo y contextual que obstaculizan la conceptualización inicial de reacción química.

Palabras clave:

Teoría de Campos Conceptuales, conocimientos-en-acción, situaciones problema, reacción química.

Maestras/Investigadoras:

Lina Marcela Berrío Henao

Mónica Tatiana Córdoba Zapata

Anny Fernanda Ibarra Higueta

Yeni Lucila Mesa Sánchez

linaberrioh@hotmail.com

monytay694@hotmail.com

ibarrahigueta@yahoo.com

yaunimesa@hotmail.com

Asesora:

Gloria María Cardona Castaño

garciah@une.net.co

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PRESENTACIÓN.....	6
1. EL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN.....	8
2. OBJETIVOS.....	12
2.1. Objetivo General.....	12
2.2. Objetivos Específicos.....	12
3. LITERATURA REVISADA.....	13
4. MARCO TEÓRICO.....	16
4.1. Teoría Campos Conceptuales De Gérard Vergnaud.....	16
4.2. Reacción Química.....	21
4.2.1. Referente Relacionado Con La Enseñanza Y El Aprendizaje De La Química.....	22
4.2.2. Referente Relacionado Con Aspectos Históricos Y Epistemológicos De La Química.....	23
4.2.3. Concepto De Reacción Química.....	28
5. MARCO METODOLÓGICO.....	34
5.1. Investigación Cualitativa.....	34
5.1.1. Estudio De Caso.....	35
5.2. Grupo Participante.....	36
5.3. Etapas De La Investigación.....	37
5.4. Técnicas E Instrumentos Para La Recogida de Datos.....	39
5.4.1. Situaciones Problema.....	40

6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN.....	42
6.1. Proceso De Análisis.....	42
6.2. Análisis Por Caso.....	43
6.2.1. Caso A.....	44
6.2.1.1. Momento 1.....	45
6.2.1.2. Momento 2.....	47
6.2.1.3. Momento 3.....	50
6.2.2. Caso B.....	54
6.2.2.1. Momento 1.....	55
6.2.2.2. Momento 2.....	56
6.2.2.3. Momento 3.....	58
6.2.3. Caso C.....	61
6.2.3.1. Momento 1.....	62
6.2.3.2. Momento 2.....	64
6.2.3.3. Momento 3.....	66
6.2.4. Caso D.....	69
6.2.4.1. Momento 1.....	70
6.2.4.2. Momento 2.....	71
6.2.4.3. Momento 3.....	75
6.2.5. Caso E.....	77
6.2.5.1. Momento 1.....	78
6.2.5.2. Momento 2.....	80
6.2.5.3. Momento 3.....	83
6.2.6. Caso F.....	86
6.2.6.1. Momento 1.....	87
6.2.6.2. Momento 2.....	88

6.2.6.3. Momento 3.....	91
6.2.7. CASO G.....	94
6.2.7.1. Momento 1.....	95
6.2.7.2. Momento 2.....	97
6.2.7.3. Momento 3.....	99
6.2.8. CASO H.....	104
6.2.8.1. Momento 1.....	105
6.2.8.2. Momento 2.....	107
6.2.8.3. Momento 3.....	111
6.3. Puntos De Encuentro En Los Casos Analizados.....	114
6.3.1. Puntos De Encuentro Iniciales.....	114
6.3.2. Puntos De Encuentro Finales.....	116
6.4. Algunos Obstáculos En El Proceso De Conceptualización.....	117
7. CONCLUSIONES.....	122
8. RECOMENDACIONES.....	127
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129
10. ANEXOS.....	133
10.1. ANEXO 1.....	133
10.1.1. MOMENTO 1.....	133
10.1.2. MOMENTO 2.....	134
10.1.3. MOMENTO 3.....	139
10.2. ANEXO 2.....	142
10.2.1. MOMENTO 1.....	142
10.2.2. MOMENTO 2.....	148
10.2.3. MOMENTO 3.....	154

PRESENTACIÓN

"El conocimiento está organizado en campos conceptuales, cuyo dominio, de parte del aprendiz, ocurre a lo largo de un vasto período de tiempo, a través de experiencia, madurez y aprendizaje"

G. VERGNAUD

Partiendo del hecho de que se han encontrado pocos trabajos en la enseñanza y aprendizaje de la química, desarrollados desde la perspectiva de Campos Conceptuales, con la presente investigación se espera contribuir en dicho sentido, específicamente en relación a la enseñanza del concepto de reacción química, dado que a través del análisis de los posibles cambios de los conocimientos-en-acción de los estudiantes de octavo y noveno, se evidencia que para una mejor conceptualización es importante abordar el tema de reacción química a partir de una red conceptual, permitiendo así dejar de lado dinámicas memorísticas y fragmentadas que, frecuentemente, tienen lugar en las aulas de clase, promoviendo además, que la enseñanza y el aprendizaje de estos conceptos se dé, de forma más estructurada, que apunten a un mejor dominio conceptual y al desarrollo de habilidades cognitivas. Asimismo, la identificación de algunos aspectos que obstaculizan este proceso de conceptualización inicial, permitirá que trabajos posteriores superen estas dificultades, favoreciendo así, una enseñanza más fructífera.

El presente trabajo está estructurado en ocho capítulos, el primero de los cuales hace referencia al problema bajo el que se orienta la investigación y los argumentos que justifican su elección. En el segundo capítulo se plantean los objetivos trazados para el desarrollo de este estudio, en tanto que en el capítulo

tercero se da cuenta de la literatura revisada en relación a la enseñanza y aprendizaje de la reacción química.

En el cuarto capítulo se expone el marco teórico en el que se fundamenta este trabajo, en éste se esboza tanto la teoría de Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud como la red conceptual propuesta para la conceptualización inicial de reacción química. En el quinto capítulo se describen los aspectos metodológicos que permiten el desarrollo de la presente investigación. En el sexto capítulo se presenta el proceso de análisis realizado a partir de la información recolectada con respecto al objeto de estudio y, en los últimos dos capítulos, se plantean las conclusiones a las que se llegó y se proponen recomendaciones para investigaciones posteriores en la enseñanza de la química.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA Y SU JUSTIFICACIÓN

La presente investigación monográfica realizada sobre la enseñanza del “concepto de reacción química”¹, se justifica a partir de varios argumentos, el primero de los cuales se basa en un rastreo bibliográfico llevado a cabo con antelación al desarrollo de este trabajo, en donde se encontró que algunas investigaciones² convergen en aspectos relacionados con dificultades presentadas por los estudiantes para aprender el concepto de reacción química, dejando claro que aún después de obtener brillantes resultados en pruebas evaluativas, continúan manteniendo los mismos errores conceptuales que presentaban anteriormente, destacándose la adquisición de un aprendizaje mecánico, memorístico y transitorio, “que impide la comprensión de un conjunto de significados conectados como redes de conocimiento acerca de las propiedades químicas de las sustancias y conduce al ejercicio de un razonamiento débil en relación con los objetos de la química y sus representaciones”(Alzate, Caballero y Moreira, 2006)

Del mismo modo, se halló en las investigaciones mencionadas, que los estudiantes suelen asociar el concepto de reacción química únicamente desde lo senso-perceptivo, en ocasiones, dejando de lado los fundamentos teóricos de la

¹Dado que para Vergnaud los conceptos no deben ser enseñados a manera de definiciones aisladas ni formalizadas, sino como redes conceptuales que den lugar a conceptualizaciones fructíferas, se hace necesario entonces plantear una red conceptual asociada al concepto de reacción química en la que se aborda el cambio físico y químico, el significado de la reacción química, la ecuación química y la conservación de la masa.

² Véase apartado de literatura revisada.

temática señalada. También se evidencia que para la gran mayoría de los alumnos de secundaria, no existe una clara diferencia entre los procesos físicos y las reacciones químicas, considerando estas últimas como fenómenos que ocurren *artificialmente*, y que sólo se da entre algunas sustancias que ellos denominan *productos químicos*, para lo que es necesario que se mezclen dos sustancias diferentes.

En este sentido, es relevante aclarar que las ideas presentadas en líneas atrás se constituyen en concepciones alternativas de los estudiantes, que distan de los conceptos científicamente aceptados sobre la reacción química, ya que no consideran el nivel microscópico y representacional de la materia³, abordándose ésta únicamente desde un nivel macroscópico.

En el mismo orden de ideas, es importante mencionar que otra de las razones que justifica esta investigación, es que a pesar de que el concepto de reacción química se constituye en una base teórica de suma relevancia dentro de la química, resulta ser un concepto abstracto, difícil y complejo en los procesos de enseñanza y aprendizaje, tanto para los estudiantes como para los maestros, cuestión que se confirma con la población de los grados octavo y noveno de la institución educativa donde se realiza este estudio, quienes expresan apatía y desagrado por la química en general. En consecuencia, lo anterior se convierte en un verdadero desafío, por cuanto se intenta cambiar las percepciones que presentan estos estudiantes frente a la temática en cuestión.

³ Véase Niveles de Representación de la Materia, capítulo 4, apartado 4.2.1.

Ahora bien, todos los anteriores, son argumentos que permiten aseverar que en relación al aprendizaje y conceptualización de reacción química surgen diversas problemáticas. Por esta razón, para el desarrollo de la presente investigación monográfica se aborda, concretamente, la siguiente cuestión: ***Desde la perspectiva de la teoría de Campos Conceptuales ¿qué posibles cambios de los conocimientos-en-acción de estudiantes de octavo y noveno grado, se presentan en relación al concepto de reacción química?***

Igualmente, cabe precisar que de acuerdo con la teoría de Campos Conceptuales como marco de referencia para la elaboración de dicha investigación, el concepto de situación, referido previamente, es entendido como las diversas tareas y/o problemas a los que se enfrentan los estudiantes y de los cuales dependen sus procesos cognitivos y sus diferentes respuestas (Moreira, 2002). En esta dirección, se diseñan y aplican dichas situaciones a los estudiantes de los grados octavo y noveno de la institución donde se desarrolla este estudio, a fin de evidenciar posibles cambios en sus conocimientos-en-acción iniciales⁴ hacia nuevos conocimientos-en-acción mucho más próximos al conocimiento científico, en este caso, de reacciones químicas.

¿A qué hace alusión el proceso de conceptualización inicial? Una vez más, según la teoría de Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud como marco de referencia que orienta el presente trabajo, el proceso de conceptualización es la piedra angular de la cognición, en la cual priman los aspectos conceptuales de los esquemas (Moreira, 2002, p. 2). Los esquemas, a su vez, son las organizaciones conocimientos-en-acción del comportamiento para una determinada clase de situaciones, no obstante, éstos poseen lo que Vergnaud llama los ingredientes de los esquemas que son las metas y anticipaciones, las reglas de acción, los

⁴ Los conocimientos que traen consigo los estudiantes desde su cotidianidad y sus experiencias personales.

conocimientos-en-acción y las posibilidades de inferencia (Moreira, 2002, p. 6). De estos cuatro componentes que constituyen los esquemas, durante el desarrollo del trabajo monográfico, sólo se analizan en los estudiantes sus conocimientos-en-acción (ingredientes conceptuales), es decir, los conocimientos contenidos en sus esquemas. Dado que se reconoce que el proceso de conceptualización ocurre a lo largo de un vasto período de tiempo, a través de experiencia, madurez y aprendizaje (Moreira, 2002, p. 2), se hace énfasis en que el proceso que tiene lugar en los estudiantes es un proceso de conceptualización inicial, debido al corto período de tiempo de la intervención pedagógica.

Finalmente, se concluye que la elección del tema de reacciones químicas, se debe, en primera instancia, al alto número de dificultades que presentan los estudiantes para aprender este concepto, según la literatura revisada, como también a que pese a que es un tema sumamente importante dentro de la química, suele no resultar del agrado de muchos estudiantes al aprenderlo y de muchos docentes al enseñarlo.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Desde la perspectiva de la teoría de Campos Conceptuales, analizar los posibles cambios de los conocimientos-en-acción de estudiantes de octavo y noveno grado, en relación al concepto de reacción química, durante el desarrollo de una secuencia de situaciones problema.

2.2. Objetivos Específicos

- ✚ Diseñar situaciones problema para su posterior aplicación en el proceso de conceptualización inicial de reacción química.
- ✚ Identificar los teoremas y conceptos-en-acción iniciales de los estudiantes de los grados octavo y noveno, con respecto al concepto de reacción química.
- ✚ Reconocer los posibles cambios generados en los teoremas y conceptos-en-acción de los estudiantes, durante el proceso de conceptualización inicial de reacción química.
- ✚ Destacar aspectos relevantes que obstaculizan los procesos de conceptualización de reacción química en los estudiantes que participan en este estudio.

CAPÍTULO 3

LITERATURA REVISADA

A partir de la revisión bibliográfica que se llevó a cabo previamente al desarrollo de esta investigación, se reportó que para la enseñanza de la química, es fundamental tener en cuenta los niveles de representación de la materia, propuestos por Johnstone (Citado por Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003), quien diferencia tres niveles, un nivel *Macroscópico*, que corresponde a las representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa; un nivel *submicroscópico*, que hace referencia a las representaciones abstractas y modelos asociados a esquemas de partículas y, finalmente, un nivel *simbólico*, que involucra formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, entre otros. Desde esta perspectiva, Johnstone plantea que si los estudiantes logran relacionar estos tres niveles, alcanzarán una visión de los aspectos moleculares de la materia y una mejor comprensión conceptual del lenguaje de la química.

De igual modo, dentro de la literatura revisada, se pudo reconocer que a nivel de secundaria existen pocos trabajos acerca de la enseñanza y el aprendizaje del concepto de reacción química, no obstante, en este sentido, al analizar diferentes investigaciones (Pérez y otros, 2005; Schneiders; Solsona y otros, 2004; Galagovsky y otros, 2003 y Casado y Raviolo, 2005) se encontró que éstas convergían en la importancia de conocer las concepciones o ideas previas que presentan los estudiantes, con respecto al concepto de reacción química, ya que dichas concepciones se convierten en puntos de partida para el desarrollo de estudios sobre el tema, al tiempo que permiten observar las falencias y fortalezas

que poseen los estudiantes frente a la red conceptual asociada al concepto trabajado.

En la investigación realizada por Solsona y otros, (2004), se pudo evidenciar, también, que para la enseñanza de la reacción química es necesario tener en cuenta la importancia de una selección adecuada de los libros de textos y de otros materiales didácticos que, en ocasiones, se emplean desvinculados de la realidad de los estudiantes. A esto se añade la orientación empirista o inductivista seguida por muchos de estos textos, la falta de un orden coherente de los contenidos y la relevancia que se le otorga al nivel simbólico dentro de las reacciones químicas que, a su vez, suele dejar de lado el nivel submicroscópico de la materia.

Igualmente, se encontró que estos trabajos fueron orientados con base en las dificultades que poseen los estudiantes para la comprensión del concepto de reacción química, entre las que se señala el aprendizaje memorístico (Galagovsky y otros, 2003, p. 108) de éste, el cual se debe a la intervención de algunos docentes, que exigen indirectamente que los estudiantes aprendan los conceptos de forma mecánica y fragmentada, sin sentido y a manera de definiciones aisladas, haciendo énfasis, además, en un nivel macroscópico perceptivo, dejando de lado situaciones donde éstos puedan relacionar los niveles representacionales de la materia. En el mismo orden de ideas, se subraya que por más que se incremente el número de lecciones, por parte de los docentes, con respecto a un concepto, no se garantiza que los estudiantes lo comprenderán mejor.

De otra parte, Solsona y otros, (2004), da cuenta en su investigación de que las actividades experimentales realizadas por los estudiantes se vuelven poco significativas, lo cual se evidencia al no ser reconocidas por éstos en el momento de solucionar una situación dada, entendiendo al experimento como una tarea aislada del proceso de conceptualización. En este sentido, puede añadirse la falta

de funcionalidad que le otorgan los estudiantes a las reacciones químicas fuera del aula, porque las conciben como procesos artificiales que sólo ocurren dentro de un laboratorio.

Otros estudios como el realizado por Galagovsky y otros (2003, p. 108), reportan dificultades para expresar los conocimientos en el lenguaje propio de la disciplina, argumentando que éstas se presentan debido a la brecha que se da entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico, *“puesto que la apropiación del lenguaje científico es un proceso gradual y contextualizado”* (Citado por Galagovsky y otros, 2003, p. 108).

De forma general, estos trabajos proponen, para la superación de las dificultades antes mencionadas, la importancia de que el docente aborde de manera clara, oportuna y significativa los contenidos conceptuales que fundamentan la base conceptual de la reacción química y, propicie en sus estudiantes la movilidad entre los niveles macroscópico, submicroscópico y simbólico de la materia, generando en éstos conflicto cognitivo. Del mismo modo, pretenden que la enseñanza favorezca la integración de los aspectos semánticos y sintácticos del lenguaje de la ciencia, que parte del educador en dirección al estudiante.

Para finalizar, se puede destacar que en los antecedentes referenciados, fueron implementadas metodologías cualitativas, éstas permitieron trabajar en un contexto determinado, recoger información, identificar dificultades y analizar sus implicaciones en la enseñanza y aprendizaje del concepto de reacción química, además de proponer posibles cambios en la práctica pedagógica, todo lo cual se constituye en una herramienta valiosa para la construcción del presente trabajo.

CAPÍTULO 4

MARCO TEÓRICO

4.1. Teoría Campos Conceptuales De Gérard Vergnaud

La teoría de Campos Conceptuales es una teoría cognitivista, psicológica. Es cognitivista porque hace posible estudiar el desarrollo cognitivo, entendiendo cómo se construye el conocimiento en el sujeto, además permite el análisis del desarrollo de competencias complejas propias en los ámbitos científicos y tecnológicos. En cuanto a lo psicológico, hace referencia a las continuidades y rupturas que se evidencian en el proceso de conceptualización de lo real y posibilita entender cómo opera el sujeto frente a determinadas situaciones.

Esta teoría fue propuesta por Gérard Vergnaud aproximadamente hacia el año de 1982, inicialmente en el campo de las matemáticas para entender los “procesos de conceptualización progresiva de las estructuras aditivas, multiplicativas, relaciones número-espacio, y del álgebra” (Vergnaud, 1990). Sin embargo, ha sido aplicada posteriormente en la física y más tarde se retoma para otras disciplinas de las ciencias donde Vergnaud no objeta su aplicación.

Vergnaud (Moreira, 2002, p. 2) toma como referente para la elaboración de la teoría de Campos Conceptuales algunos aspectos relevantes de Piaget y Vygotski. De Piaget, retoma el concepto de adaptación, afirmando que “el conocimiento procede fundamentalmente de la acción sobre el mundo, puesto que es sobre todo mediante la acción, como el sujeto pone a prueba sus conocimientos y los modifica” (Stipcich y otros, Tandil, Buenos Aires)”. Esto hace

mención a que el sujeto elabora sus conocimientos en la interacción con la experiencia. Asimismo, retoma de Piaget, el concepto de esquema, el cual juega un papel fundamental en la teoría de Campos Conceptuales para dar cuenta de las formas de organización de habilidades sensorio-motoras e intelectuales de los estudiantes, además, Vergnaud plantea que debe hablarse de la interacción esquema-situación y no de la relación sujeto-objeto como propuso Piaget en su teoría.

De otra parte, Vergnaud reconoce la importancia de algunos pensamientos Vygotskianos como son “la interacción social, el lenguaje, y la simbolización en el progresivo dominio de un campo conceptual por parte de los estudiantes” (Moreira, 2002, p. 2). Además, destaca el papel del docente como mediador entre el sujeto y el campo conceptual a trabajar, dado que él es quien debe proveer las situaciones fructíferas para el sujeto.

¿Y cuál es el objeto de la teoría Campos Conceptuales? La teoría tiene por objeto la conceptualización de lo real, como base en el desarrollo cognitivo. Para dar cuenta del proceso se analiza al sujeto del cual se obtiene la información, permitiendo entender cómo éste organiza y conecta los conocimientos que posee con los nuevos que adquiere, para la generación de nuevos conocimientos y representaciones. En consecuencia, para Gérard Vergnaud el conocimiento se encuentra estructurado por el dominio de campos conceptuales adquiridos por el sujeto, proceso que requiere de un largo periodo de tiempo.

Según Moreira, Vergnaud define “*Campo Conceptual, como un conjunto informal y heterogéneo de problemas, situaciones, conceptos, relaciones, estructuras, contenidos y operaciones del pensamiento, conectados unos a otros y, probablemente, entrelazados durante el proceso de adquisición*”, es decir, que todos estos elementos se relacionan con el propósito de obtener la

conceptualización como producto final, donde el eje articulador de todo el proceso es el **concepto** (Moreira, 2002, p. 4), el cual se construye bajo la dinámica de tres conjuntos, que según Vergnaud son:

S (situaciones - referente)

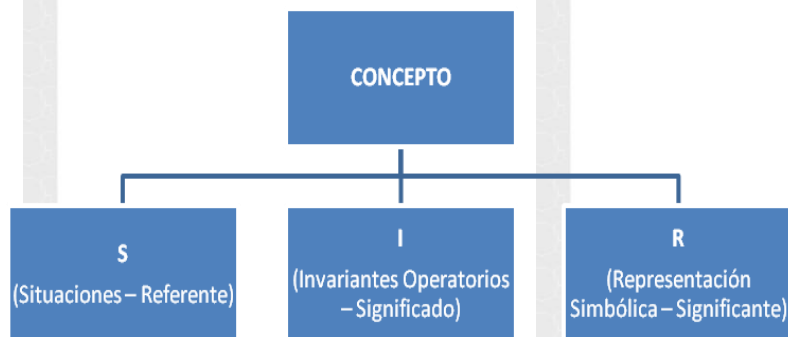
Hace alusión a las diversas situaciones que le dan sentido⁵ (Moreira, 2002, p. 6) al concepto.

I (invariantes operatorios - significado)

Está constituido por teoremas-en-acción (proposiciones consideradas como verdaderas en lo real) y conceptos-en-acción (categorías del pensamiento consideradas como pertinentes por el sujeto).

R (representaciones simbólicas – significante)

Integra al lenguaje natural, gráficos y diagramas, entre otros, que pueden ser utilizados para señalar y representar invariantes que darán continuidad a la representación de situaciones.



⁵ “El sentido es una relación del sujeto con las situaciones y con los significantes. Más precisamente, son los **esquemas**, i. e., los comportamientos, y su organización, evocados en el sujeto por una situación o por un significante (representación simbólica) que constituyen el sentido de esa situación o de ese significante para ese individuo”.

La teoría de Campos Conceptuales, además del concepto de concepto y de campos conceptuales, incluye otros elementos relevantes como, situación, esquema e invariantes operatorios.

Ahora bien, son las **situaciones** la puerta de entrada a un campo conceptual y es a través de ellas que los conceptos se vuelven significativos. Estas situaciones se entienden desde la perspectiva de Vergnaud como tareas o combinación de las mismas, las cuales contienen datos que pueden ser conocidos o no por el sujeto que aprende.

Las situaciones dependen de la dinámica del papel mediador del docente en el aula para la conceptualización y de las acciones de los estudiantes frente a la intervención del docente. Las palabras, expresiones y gestos que los profesores emplean para referirse al alumno accionan el desenvolvimiento de ciertos esquemas y no de otros. Aquí se puede ver al lenguaje como un elemento clave para el análisis y desarrollo de las situaciones, las cuales durante un proceso de investigación permiten estudiar los procesos cognitivos de los estudiantes.

Cabe destacar dos ideas principales con respecto al concepto de situación: la variedad, que hace referencia a las diversas tareas, ya que un concepto integra varios tipos de situaciones; y una historia, apuntada a los conocimientos que van siendo moldeados con el transcurrir del tiempo (Moreira, 2002, p. 5). Se pueden reconocer dos tipos de situaciones (Moreira, 2002, p. 7):

1. Clases de situaciones en las que el sujeto dispone, dentro de su repertorio, en un momento dado de su desarrollo y bajo ciertas circunstancias, de las competencias necesarias al tratamiento relativamente inmediato de la situación.

2. Clase de situaciones en las que el sujeto no dispone de todas las competencias necesarias, que le obligan a un tiempo de reflexión y exploración, a vacilaciones, a tentativas frustradas, llevando eventualmente al éxito o al fracaso.

Estas situaciones de las que habla Vergnaud, adquieren sentido al evocar esquemas, éstos son entendidos por él como la organización invariante del comportamiento para determinada clase de situaciones. Los esquemas contienen conceptos implícitos que no siempre están bien cimentados, desplegando acciones muchas veces ineficientes para la solución de tareas propuestas. Los esquemas implican, además, unas habilidades o competencias que se han ido desarrollando en el individuo a medida que se acerca a la conceptualización, de hecho, poseer varios esquemas posibilita un mejor desarrollo cognitivo, es así como los individuos poseen variedad de esquemas que son traídos a la conducta de acuerdo a la situación que se les plantee.

Para una mayor comprensión de la definición de esquema, Vergnaud citado por Moreira (2002) propone cuatro componentes fundamentales:

1. *Metas y anticipaciones* (un esquema se dirige siempre a una clase de situaciones en las cuales el sujeto puede descubrir una posible finalidad de su actividad y, eventualmente, submetas; puede también esperar ciertos efectos o ciertos eventos);
2. *Reglas de acción* del tipo “si... entonces” que constituyen la parte verdaderamente generadora del esquema, aquella que permite la generación y la continuidad de secuencias de acciones del sujeto; son reglas de búsqueda de información y de control de los resultados de acción;
3. *Invariantes operatorios* (teoremas-en-acción y conceptos-en-acción) que dirigen el reconocimiento, por parte del individuo, de los elementos pertinentes

de la situación; son los conocimientos contenidos en los esquemas; son aquellos que constituyen la base, implícita o explícita, que permite obtener la información pertinente y de ella inferir la meta a alcanzar y las reglas de acción adecuadas.

4. *Posibilidades de inferencia* (o razonamientos) que permiten “calcular”, “aquí y ahora”, las reglas y anticipaciones a partir de las informaciones e invariantes operatorios que dispone el sujeto, o sea, toda actividad implicada en los otros tres ingredientes requiere cálculos “aquí e inmediatamente” para esta situación.

La teoría de Campos Conceptuales, posibilita comprender los esquemas que poseen los estudiantes en relación a determinado concepto, de igual modo, mediante situaciones apropiadas que permitan al maestro transformar la conducta operatoria de los sujetos en acción, ya sea para generar nuevos esquemas cuando éstos no los poseen o para aproximar sus conocimientos implícitos a las concepciones científicamente aceptadas.

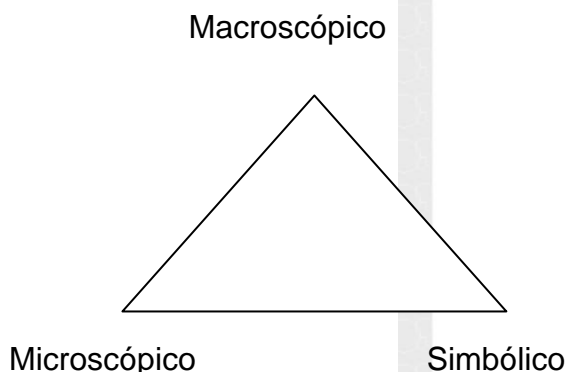
4.2. *Reacción Química*

Es preciso aclarar que la presente investigación monográfica se enmarca dentro de uno de los conceptos más importantes de la química: el concepto de reacción química, el cual, dentro de este trabajo, es presentado como el producto de una construcción realizada a partir de varios referentes sobre la estructura del conocimiento de la química en general, el primero de los cuales puede relacionarse con procesos de enseñanza y aprendizaje en esta disciplina y el segundo, por su parte, con una mirada histórica y epistemológica de la misma. Así pues, en líneas posteriores se da cuenta de los referentes en mención y del concepto de reacción química propuesto, como base para analizar los posibles

cambios de los conocimientos-en-acción de los estudiantes de octavo y noveno grado que hacen parte de dicho estudio.

4.2.1. Referente Relacionado Con La Enseñanza Y El Aprendizaje De La Química

El químico escocés Alex H. Johnstone (Castillejos y otros, 2008) propone que la química se compone de tres niveles básicos de pensamiento o representación de la materia, que son el nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico. Según este autor entonces, el nivel macroscópico está basado en la percepción de lo tangible y en la descripción de sus propiedades, en términos de inflamabilidad, densidad, color, entre otras; el nivel submicroscópico, explica el comportamiento (cambios y transformaciones) de las sustancias químicas en relación a átomos, moléculas, iones y otras estructuras; y el nivel simbólico da cuenta de la representación de las sustancias químicas, sus propiedades y cambios por medio de símbolos, fórmulas, ecuaciones y gráficas, es decir, éste se constituye en el lenguaje a partir del cual se interpretan los fenómenos. Se puede mostrar la interrelación de estos niveles mediante el siguiente triángulo (Castillejos y otros, 2008, p. 109), lo que significa que ninguno de ellos se encuentra aislado sino que se complementan entre sí:



Según Galagovsky y otros (2003, p.107), las investigaciones y propuestas hechas por Johnstone brindan una plataforma teórica muy interesante para elaborar y poner a prueba hipótesis relacionadas con procesos de enseñanza y aprendizaje de temas de química en el aula, aspecto que puede evidenciarse en el texto "*teaching of chemistry - logical or psychological?*"(Johnstone, 2000), en el cual Johnstone plantea que la psicología cognitiva para la formación de la mayoría de conceptos químicos es muy diferente de la de los "conceptos normales" del mundo, puesto que se tiene la complicación de que éstos se interrelacionan y operan en tres niveles de pensamiento: el macro y tangible, el subatómico y molecular, y la representación con el uso de símbolos propios de la química, razón por la cual se presenta un desequilibrio en los estudiantes al intentar relacionar los tres niveles simultáneamente, de ahí a que sugiera al maestro la exploración de posibilidades de un enfoque psicológico en términos de orden curricular para el plan de estudios, en el que tenga lugar un desarrollo gradual de conceptos, evitando, de esta manera, aprendizajes memorísticos y fragmentados.

4.2.2. Referente Relacionado Con Aspectos Históricos Y Epistemológicos De La Química

El químico e historiador norteamericano William B. Jensen (Gallego y otros, 2006), a partir de un análisis histórico de la química, divide los conceptos químicos en tres dimensiones en relación con la composición, la energía y el papel del tiempo en los procesos químicos, que a la vez se relacionan con tres niveles conceptuales: el molar, el molecular y el eléctrico. Estos niveles surgen a raíz de la identificación de tres revoluciones ocurridas en esta disciplina a través de la historia.

William B. Jensen (Jensen, 1998, p. 963 y 965), interpreta las revoluciones químicas como períodos de tiempo en los que se presenta un rápido desarrollo de corrientes y pensamientos, muchos de los cuales han prevalecido en la historia como objetos de estudio de la epistemología y, a su vez, han sido aceptados por la comunidad científica. Es así como Jensen expone que la primera revolución se presentó a finales del s. XVIII entre los años 1772 y 1790. Algunos factores que contribuyeron a esta revolución incluyen las teorías químicas de combustión y respiración, la reforma de la nomenclatura química, el desarrollo de la teoría calórica de los estados, la química neumática, el papel de los gases en las reacciones químicas y el uso de la ley de la conservación de la masa; siendo las dos últimas, contribuciones propuestas por el químico Antoine Lavoisier, uno de los personajes más representativos en el desarrollo de esta revolución, quien, además, rebatió la teoría del flogisto, propuesta por Georg Ernst Stahl como “el principio del fuego responsable de las combustiones que al desprenderse, explicaría los fenómenos caloríficos y lumínicos producidos durante las mismas. Es invisible, está oculto y es imposible de aislar porque siempre se encuentra en estado de combinación” (Bensaude – Vincent, 1991).

En cuanto a las contribuciones de Lavoisier (Jensen, 1998, p. 963 y 965), se destaca, igualmente, el desarrollo de un lenguaje analítico y una química cuantitativa más experimental, haciendo uso de la balanza como instrumento de medida, ya que hasta el momento sólo predominaba una química cualitativa basada en la observación y en la descripción.

Asimismo, Jensen cita al historiador Robert Siegfried (Jensen, 1998, p. 964), el cual sostiene que la verdadera importancia del trabajo de Lavoisier radica, en el concepto de composición a nivel molar, con lo cual se dio comienzo al actual nivel molar de la química. También, es importante rescatar que, según Jensen, aunque Lavoisier contribuyó notablemente en el desarrollo de esta revolución, fue Josiah

Willard Gibbs, quien formalizó y completó, en realidad, la construcción teórica del nivel molar.

En cuanto a la segunda revolución, Jensen (Jensen, 1998, p. 963 y 966) plantea que ésta dio inicio al nivel molecular de la química, cuando un grupo de químicos realizaron una serie de contribuciones, donde se destaca el surgimiento del concepto de valencia, la estructura molecular, la sustitución de las clasificaciones dualistas de los elementos (ácido-base), para sustituirlas por clasificaciones basadas en razón de las valencias y el descubrimiento de la ley periódica por Mendeleiev y otros científicos, en los años 60 del siglo XIX.

Otro de los factores que arguye Jensen que contribuyeron a que se diera esta revolución, fueron los aportes que hizo Dalton, cuando propuso que el concepto de peso atómico sirve como puente de conexión entre el atomismo especulativo del siglo XVIII y los datos arrojados por la gravimetría analítica, resultado de la revolución del nivel molar, a esto se le llamó composición gravimétrica. Por estos tiempos, se hicieron varios intentos por deshacer el enigma de la química orgánica, sobre las especulaciones acerca de la estructura interna de las moléculas, basadas en formulas empíricas y moleculares que, a su vez, estaban apoyadas en competencias atómicas llamadas escalas de peso equivalente.

A mediados del siglo XIX, en el año 1850, la química presentaba una crisis en torno a definir un sistema único de pesos atómicos, debido a esto, diez años después, fue necesaria la organización de un congreso internacional de química en Karlsruhe (Alemania), donde las delegaciones de cada país expusieron sus diferentes hipótesis, tratando de llegar a acuerdos en la definición de conceptos como átomo, molécula y equivalente. Pese a que al término del congreso no se llegó a ningún acuerdo oficial sobre dicha cuestión, Cannizaro insistió en presentar la ley de Avogadro, argumentando que ésta era una base sólida experimental, que

ayudaría a distinguir los conceptos de átomo y molécula correctamente, lo cual, a su vez, permitiría determinar el peso atómico, al tiempo que conduciría al conocimiento de los pesos moleculares. A partir de los aportes de Cannizaro, el sistema de Avogadro fue aceptado en el congreso, poniendo fin a cuarenta años de discusiones sobre los pesos atómicos.

Finalmente, según Jensen, otros de los factores que contribuyeron a la segunda revolución química, fueron el atomismo especulativo y la composición gravimétrica; desde la teoría atómica, la estructura o taxonomía orgánica, la composición volumétrica y el calor específico.

Del mismo modo, Jensen señala que la tercera revolución (Jensen, 1998, p. 964-965 y 967-968), se basa en un nivel interno de la química, que es el nivel eléctrico. Así pues, en 1904, Richard Abegg, pionero de la Teoría de Valencia, hace pensar sobre la correlación entre la tabla periódica, los electrones de valencia y la configuración electrónica, a partir de sus trabajos de investigación, donde propone que la diferencia entre la máxima valencia positiva y la máxima valencia negativa de un elemento tiende a ser ocho. Por su parte, Gilbert Newton Lewis formuló la teoría del par electrónico para las reacciones ácido-base.

Otro aspecto importante que destaca Jensen de esta revolución es la conexión con el desarrollo de la teoría de la relatividad y la mecánica cuántica del siglo XX. Éstas tenían implicaciones para la química en el aspecto composicional y estructural de la revolución eléctrica. Para finalizar, dentro de los factores que contribuyeron a la tercera revolución se encuentran la tabla periódica (ley periódica), la espectroscopia, la radioactividad, la electroquímica, la hipótesis del quantum y los tubos de carga. De esta forma, puede afirmarse que las dos

revoluciones anteriores contribuyeron notablemente al desarrollo de la tercera revolución química.

Así pues, es posible resumir las ideas más importantes del químico William B. Jensen, con respecto a los tres niveles en los que está dividida la química, en el siguiente cuadro (Castillejos y otros, 2008):

CUADRO 1
NIVELES DE LA QUÍMICA SEGÚN JENSEN

Nivel	Dimensión		
	Composición y estructura	Energía	Tiempo
Molar	Composición relativa de sustancias compuestas, soluciones y mezclas. Características de alomorfos (estado, color, forma cristalina, etc.).	Entropías y calores de formación calorimétrica. Constantes de equilibrio y cambios de energía libre.	Ecuaciones experimentales de rapidez. Parámetros experimentales de Arrhenius.
Molecular	Fórmulas estructurales y absolutas. Clasificación de alomorfos según su composición (Polímeros) o su estructura (isómeros).	Interpretación molecular de la entropía. Interpretación de calores de formación vía calores de atomización, energías de enlace promedio, etc.	Mecanismos moleculares de reacción. Modelos moleculares de complejos activados.
Eléctrico	Fórmulas electrónicas (por ejemplo, Lewis o configuraciones electrónicas).	Cálculo de energías vía la estructura electrónica.	Mecanismos iónicos y fotoquímicos de reacción.

A partir de lo anterior, puede apreciarse cómo William B. Jensen, relaciona por medio de un cuadro los niveles molar, molecular y eléctrico que se encuentran enmarcados en tres dimensiones, que se refieren a la composición y estructura, la energía y el tiempo. Dicha correspondencia entre niveles y dimensiones propuesta por Jensen, puede relacionarse con la teoría de Campos Conceptuales, puesto

que, a partir de tales conexiones (nivel-dimensión) se puede construir una red conceptual pertinente, mediante la cual se diseñan situaciones problema con las características de variedad e historicidad planteadas por Gérard Vergnaud, proceso en el cual es fundamental la consideración de los propios contenidos del conocimiento y el dominio conceptual por parte del maestro. El diseño y aplicación de situaciones problema con dichas características, favorecen el desarrollo de competencias cognitivas complejas en los estudiantes, posibilitando que en un proceso de conceptualización de conceptos químicos, logren enmarcarse dentro de un nivel y dimensión específicos, en el que se establecen relaciones que forman un conjunto heterogéneo de procesos de pensamiento entrelazados entre sí, conjunto que constituye un campo conceptual desde la teoría propuesta por Vergnaud.

Con base en la relación establecida anteriormente entre la propuesta de Jensen y la teoría de Gérard Vergnaud sobre los Campos Conceptuales, cabe señalar que en el presente trabajo se toma como posible “campo conceptual” para el desarrollo del concepto de reacción química, el campo comprendido en el nivel molecular, en la dimensión tiempo, enfatizando en los mecanismos moleculares de reacción. Es importante aclarar que en el proceso de conceptualización, se tienen en cuenta, también, algunos elementos del nivel eléctrico, específicamente, en la dimensión composición y estructura.

4.2.3. Concepto De Reacción Química

En la naturaleza ocurren continuamente cambios físicos y químicos que muchas veces pasan inadvertidos porque se cree que detallar en ellos es una tarea que compete sólo al científico, desconociendo que algunos hacen parte de procesos vitales como la respiración y la digestión en los seres vivos. Otras reacciones

químicas son tan comunes como las que se dan en la cocción de una torta, el encendido de una estufa, la oxidación de un clavo, la combustión y la oxidación de ciertos alimentos como la manzana, el banano, el aguacate, entre otros. Por otra parte, también se evidencian reacciones químicas en las plantas, en las algas eucariotas y en ciertos tipos de bacterias en el proceso de la fotosíntesis, en el cual la energía lumínica es transformada en energía química.

Las reacciones químicas, asimismo, tienen lugar en la industria farmacéutica, durante el proceso de fabricación de medicamentos y vacunas para el tratamiento y control de enfermedades, como, por ejemplo, el cáncer y el SIDA (Síndrome de Inmuno Deficiencia Adquirida). Por otra parte, es común encontrar cambios químicos en la combustión de la gasolina de los automotores, en las fotografías, en los computadores, en los objetos sintéticos, entre otros.

Cabe destacar, que las reacciones químicas no siempre han traído beneficios al hombre, pues han estado presentes en muchos fenómenos como la lluvia ácida, los agujeros de la capa de ozono, la corrosión, la contaminación ambiental, las bombas atómicas, las bombas biológicas, los fertilizantes, los plaguicidas, los aerosoles, entre otros, los cuales causan efectos negativos al ambiente.

Dado lo anterior, se destaca la importancia del **concepto de reacción química, entendido éste como un proceso que tiene lugar a partir de choques efectivos (Malone, 2003) entre átomos o moléculas de las sustancias, generándose un rompimiento de enlaces y reordenamiento de átomos, en el cual se encuentran implicados los electrones de valencia, quienes intervienen en la formación de nuevos enlaces, produciendo nuevas sustancias con propiedades diferentes a las iniciales.**

Ahora bien, es necesario aclarar que para que se produzca un choque efectivo se requiere de algunas condiciones importantes. En primer lugar, que al colisionar, los átomos y moléculas de las sustancias tengan una energía de choque mínima, denominada **energía de activación**⁶, la cual permitirá la reorganización de los electrones de valencia, el rompimiento y formación de enlaces, en otras palabras se refiere a la barrera energética (energía potencial) que hay que vencer para que se dé una reacción química, esta energía de activación se produce cuando determinada cantidad de energía cinética originada por el movimiento de los átomos genera un choque efectivo entre los reactivos; según lo anterior hay que tener presente que un átomo que se mueve rápido no se romperá por sí mismo en fragmentos, para reaccionar debe chocar con otro átomo, así una parte de su energía cinética se convertirá en energía vibracional que romperá los enlaces químicos.

En el “impacto máximo los átomos y moléculas de los reactivos se comprimen formando lo que se conoce como un **complejo activado**, resultado de la colisión. Este complejo activado no es estable y se descompone instantemente para producir los enlaces de nuevas sustancias” (Malone, 2003, p. 466).

Sin embargo, cuando los átomos y moléculas de las sustancias chocan o colisionan con una energía cinética baja, las nubes electrónicas cargadas negativamente se repelen generando una repulsión y las partículas se separan sin ninguna modificación.

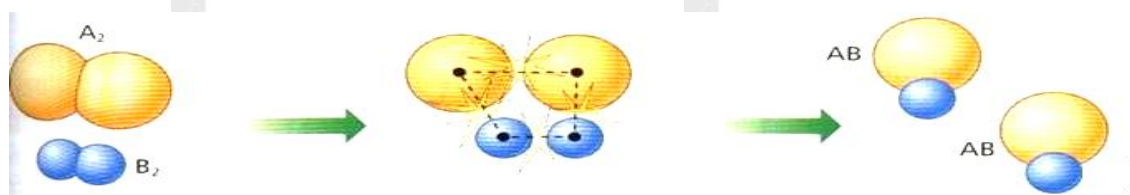


Figura 1. Moléculas que chocan con la energía suficiente para formar nuevas sustancias

Adaptado: www.profeblog.es/jose/wpcontent/uploads/2007/02/t5cinetica.ppt

⁶ Ver figura 1.

En segundo lugar, que al chocar, los átomos y moléculas estén orientados adecuadamente, es decir, los reactivos deben encontrarse lado a lado más que extremo a extremo o extremo a lado para que se formen nuevos enlaces. Aunque los átomos, iones o moléculas tengan la suficiente energía puede suceder que el choque no sea eficaz, por tener lugar una orientación desfavorable⁷.

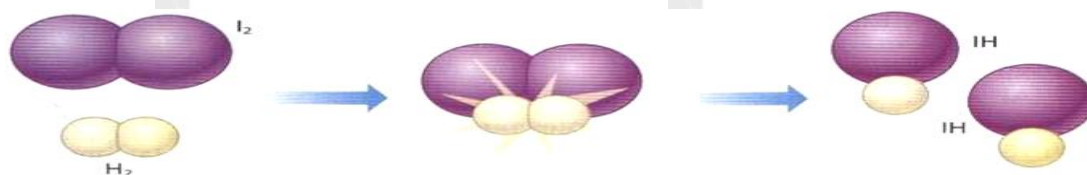


Figura 2. Choques efectivos que dan lugar a una reacción química.

Adaptado: www.profeblog.es/jose/wpcontent/uploads/2007/02/t5cinetica.ppt

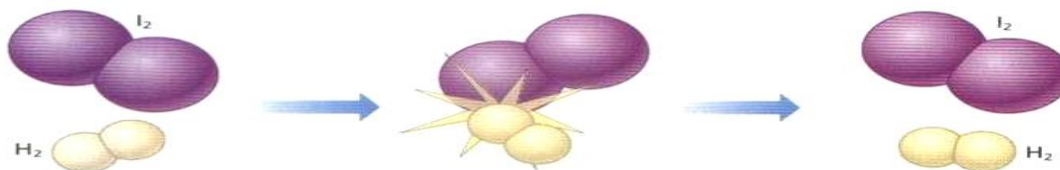


Figura 3. Choques inadecuados que no dan lugar a una reacción química.

Adaptado: www.profeblog.es/jose/wpcontent/uploads/2007/02/t5cinetica.ppt

Después de describir el mecanismo molecular a través del cual tiene lugar la reacción química, es importante reconocer que, dentro del lenguaje propio de la química, éstas se representan por medio de ecuaciones químicas, las cuales haciendo uso de símbolos y fórmulas, explicitan de manera gráfica y abreviada los cambios químicos (Barrientos, 2001, p. 257). La ecuación química, generalmente, se estructura teniendo en cuenta que las sustancias que inician la reacción son

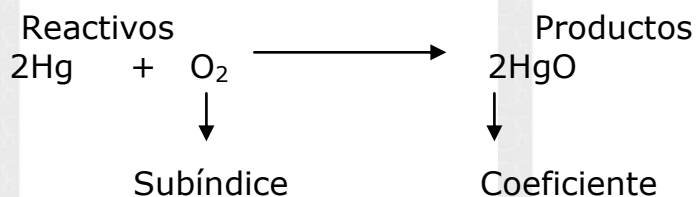
⁷ Ver figuras 2 y 3.

denominadas reactivos y las sustancias finales obtenidas del proceso, se llaman productos. Además de esto, es necesario que los productos y los reactivos estén separados por una flecha, que indica el sentido en el cual se produce la reacción.

La reacción química se representa, en la mayoría de los casos, de izquierda a derecha, en un solo sentido, dando cuenta de una reacción irreversible, pero en otras ocasiones, ésta puede producirse tanto de derecha a izquierda, como de izquierda a derecha.

Otro de los aspectos a destacar dentro de las ecuaciones químicas, es que las fórmulas que representan las sustancias que intervienen en los procesos químicos, se encuentran acompañadas de números, que se ubican a su izquierda y son llamados coeficientes, asimismo, es importante señalar también que en estas fórmulas se distinguen los subíndices, números que se ubican al costado inferior derecho de las sustancias. Los coeficientes indican la proporción en la que se combinan las sustancias y multiplica a todos los subíndices de la fórmula que acompaña, en tanto que los subíndices indican la cantidad de átomos presentes de un determinado elemento.

Todo lo anterior puede ilustrarse en el siguiente ejemplo:



La ecuación química ejemplificada, da cuenta de que la combinación de los elementos mercurio y oxígeno en la proporción 2:1, produce 2 moléculas de óxido de mercurio, como nueva sustancia.

En el ejemplo anterior, se conserva la masa de las sustancias que intervienen en la reacción química, porque a través de operaciones matemáticas puede comprobarse que la cantidad de masa de los reactivos es igual a la cantidad de masa de los productos, lo cual es respaldado por la ley de la conservación de la masa propuesta por Antoine Lavoisier⁸, quien postula que la masa se mantiene constante, es decir, “la masa total de las sustancias presentes después de una reacción química es la misma que la masa total de las sustancias antes de la reacción” (Petrucci, 2003, p. 34).

Para que el número de átomos de los elementos se conserve en una ecuación química se requiere de un proceso cuantitativo denominado balanceo de las ecuaciones químicas, que consiste en igualar el número de átomos de los reactivos con el número de átomos de los productos, y se logra cuando se colocan coeficientes delante de las fórmulas de las sustancias que inician y culminan la reacción. Para organizarlos de manera adecuada, se pueden utilizar diferentes métodos de balanceo como el método de tanteo, también llamado método por simple inspección o método de prueba y error; el método de óxido reducción; el método algebraico, entre otros.

Así pues cabe afirmar que el método de balanceo por tanteo significa buscar los coeficientes estequiométricos probando valores hasta conseguir el ajuste atómico, sabiendo que los elementos se pueden ajustar en cualquier orden, esto no debe ser un asunto de suerte.

⁸ Para ahondar en el proceso histórico y epistemológico de la construcción teórica de Antoine Lavoisier, se sugiere el texto *Epistemología de las ciencias*. Lavoisier: una revolución científica (1989).

CAPÍTULO 5

MARCO METODOLÓGICO

5.1. Investigación Cualitativa

La metodología utilizada en el desarrollo de la presente investigación monográfica, se enmarca en el enfoque de investigación cualitativa. De manera general, ésta es entendida desde la perspectiva de Taylor y Bogdan (Citado por Rodríguez y otros, 1996, p. 33), como “aquella que produce datos descriptivos: las propias palabras de las personas, habladas o escritas, y la conducta observable”. Así pues, la investigación cualitativa permite la apropiación de un contexto real donde los acontecimientos son analizados tal y como suceden, sin la manipulación de variables y la formulación de predicciones, dado su carácter flexible, es decir, su capacidad para adaptarse en cada circunstancia en función del cambio que se produzca en la realidad investigada.

De otra parte, Sandín Esteban (Albert, 2007, p. 147) propone la metodología cualitativa “orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y, también, hacia el descubrimiento y desarrollo de un cuerpo organizado de conocimientos”. Cabe destacar, la pertinencia de la metodología cualitativa desde esta mirada, ya que el contexto en el que se encuentra inmersa la presente investigación es, precisamente, el escenario educativo.

Asimismo, se retoma a Stake (Citado por Rodríguez y otros, 1996, p. 34), como referente importante en relación con el enfoque de investigación cualitativa, quien

propone tres aspectos fundamentales que permiten diferenciarla de una investigación cuantitativa, como son la comprensión centrada en la investigación de los hechos; que para efectos de este trabajo hace referencia a la conceptualización de reacción química; el papel personal que adopta el investigador al interpretar los sucesos ocurridos durante la investigación y la construcción de conocimiento que éste hace como producto final del estudio realizado. Según lo anterior, se destaca el rol que desempeña el investigador docente, el cual le da sentido a la realidad analizada, se apropia de la misma y construye saberes.

La metodología cualitativa presenta diversidad de métodos y estrategias que surgen a partir de las concepciones y necesidades de los investigadores. En consecuencia, atendiendo a las características del contexto y el objeto de la presente investigación, el método empleado es el método estudio de caso.

5.1.1. Estudio De Caso

El estudio de caso es entendido como un proceso de indagación que se caracteriza por el examen detallado, comprehensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés (Citado por Rodríguez y otros, 1996, p. 92). Según Rodríguez y otros en su texto *Metodología de la investigación cualitativa*, se distinguen las siguientes características esenciales del estudio de caso: éste es particularista, descriptivo, heurístico e inductivo. En este sentido, el estudio de caso, se centra en situaciones o eventos particulares, basándose en un razonamiento inductivo que favorece el descubrimiento de nuevas relaciones y conceptos, más que la verificación de hipótesis predeterminadas. A la par, el estudio de caso ilumina la comprensión del lector acerca del fenómeno objeto de

estudio mediante un producto final que se constituye en una descripción rica y densa de la realidad estudiada.

Partiendo de que cada autor plantea diferentes criterios al proponer los estudios de caso, existe una amplia lista de tipologías de éstos. De acuerdo con la literatura revisada el tipo de estudio de caso utilizado en esta investigación corresponde al caso múltiple propuesto por Bogdan y Biklen (Citado por Rodríguez y otros, 1996, p. 94). Este caso consiste en estudiar la realidad que se desea explorar, describir, explicar, evaluar o modificar, a partir de varios casos únicos.

La elección del estudio de caso se basa, en primer lugar, en la posibilidad que ofrece de reducir la extensa población a estudiar, a casos concretos, facilitando la recogida y análisis de datos. Otro aspecto que justifica esta elección, es la particularidad que lo caracteriza, la cual no da lugar a que se caiga en generalizaciones que no son propias de un contexto escolar en el que prima la complejidad y variabilidad del entramado social. Por último, el estudio de caso es útil para el investigador docente y para otros educadores ya que a partir de él puede plantearse reflexiones que permitan el mejoramiento del quehacer docente. Una ventaja del estudio de caso múltiple es que permite visualizar diferentes procesos de pensamiento a partir de situaciones problema planteadas a los individuos.

5.2. Grupo Participante

Toda investigación parte del estudio de una población específica con características propias. La población⁹ en la que se enmarca el desarrollo de este

⁹ La población total con la que se desarrolló la propuesta de intervención, consta de 184 estudiantes; 84 pertenecientes al grado octavo y los 100 restantes al grado

estudio se caracteriza por estar conformada por estudiantes de los grados octavo y noveno de la Institución Educativa Normal Superior de Envigado. Dichos estudiantes poseen edades que oscilan entre los trece y dieciséis años y, en su mayoría, residen en el municipio en el cual está ubicada la institución en mención.

En general, no se evidencia ningún tipo de limitación cognitiva que impida el aprendizaje por parte de estos estudiantes, sin embargo, se detecta¹⁰ que algunos presentan falencias para resumir, abstraer, analizar, interpretar, observar detalladamente y describir en el momento de enfrentarse a una actividad específica.

La elección de los participantes de esta investigación monográfica, se constituye en una unidad de análisis sobre la cual se recolectan los datos. Así pues, los participantes son ocho estudiantes en total, cuatro estudiantes del grado octavo y cuatro estudiantes del grado noveno. Es importante anotar, que son escogidos dos grupos por cada grado y de cada uno de ellos se eligen dos estudiantes diferentes. La selección de dichos estudiantes, se hace atendiendo al desarrollo y sustentación de todas las actividades propuestas y al Interés y motivación de los estudiantes frente a la temática abordada en la investigación.

5.3. Etapas De La Investigación

La presente investigación monográfica, inicia su desarrollo en el mes de abril del 2008 y concluye en junio del 2009. En un principio, se efectuó una lectura del

noveno. Sin embargo, para la presente investigación, fueron seleccionados sólo 8 de estos estudiantes, cinco de ellos de género femenino y tres de género masculino.

¹⁰ La detección de estas dificultades en los procesos cognitivos de los estudiantes, se hizo durante el proceso de conceptualización.

contexto, con el fin de identificar problemáticas de los estudiantes de los grados octavo y noveno de la institución en la cual se llevaría a cabo este trabajo.

El primer paso del trabajo, consistió en identificar la problemática de estudio, para lo cual se hizo un reconocimiento de la institución como tal y una revisión exhaustiva del currículo institucional para conocer la misión, visión, filosofía, perspectiva pedagógica, normatividad, planeación académica o contenidos por grados en el área de Ciencias Naturales, entre otros. Además, se aplicó una encuesta a los grupos a investigar, donde se recogió información familiar, personal y académica; encontrándose que con respecto a ésta última, los estudiantes presentaban, con mayor frecuencia, apatía y desagrado frente a la química, asunto que motivó a abordar esta investigación en dicha disciplina.

El segundo paso del trabajo, fue la búsqueda de antecedentes en la literatura, en relación a la problemática identificada, posibilitando afianzar la investigación en el marco de los presupuestos teóricos y metodológicos. Al mismo tiempo, se inició la elaboración escrita o cuerpo de trabajo, con los requerimientos generales de la investigación cualitativa.

En un tercer momento del estudio, se procedió al diseño de situaciones desde la perspectiva de la teoría Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud y, con base en éstas, se llevó a cabo la intervención pedagógica en los grados octavo y noveno, durante el abordaje de la unidad de procesos químicos¹¹. Cabe aclarar, que pese a que la intervención fue aplicada a la totalidad de estudiantes de ambos grados, los participantes de la investigación fueron sólo ocho estudiantes, cuatro de cada uno de éstos. De esta manera, las situaciones se constituyeron en la

¹¹ El Ministerio de Educación Nacional propone en los Estándares Curriculares para el área de Ciencias Naturales cuatro procesos: químicos, físicos, biológicos y ecológicos.

técnica o instrumento a través de la cual se recogió una amplia variedad de datos, referentes al objeto de estudio.

Finalmente, como última etapa de la investigación, la información recogida de cada uno de los ocho estudiantes fue organizada en cuadros de doble entrada, a partir de los cuales se hizo el análisis de los posibles cambios de los conocimientos-en-acción de dichos estudiantes, en cuanto al concepto de reacción química. En este sentido, se destacaron algunos de los aspectos que obstaculizaron el proceso de conceptualización inicial, se presentaron las conclusiones a las que se llegó con el trabajo y se plantearon recomendaciones pertinentes para el desarrollo de investigaciones posteriores, ya sea bajo la perspectiva de la teoría de Campos Conceptuales, como sobre el concepto de reacción química.

5.4. Técnicas E Instrumentos Para La Recogida de Datos

La recogida de datos, busca obtener información de sujetos, comunidades, variables o situaciones en profundidad en las propias palabras, definiciones o términos de los sujetos en su contexto, permitiendo comprender el fenómeno a estudiar (Albert, 2007, p. 179). Adicionalmente, los datos recogidos poseen una información útil para el logro de los objetivos perseguidos en la investigación. Así pues, atendiendo a lo anterior y a la luz de la teoría de Campos Conceptuales, en este trabajo, los datos arrojan información sobre la conceptualización llevada a cabo por los estudiantes.

5.4.1. Situaciones Problema

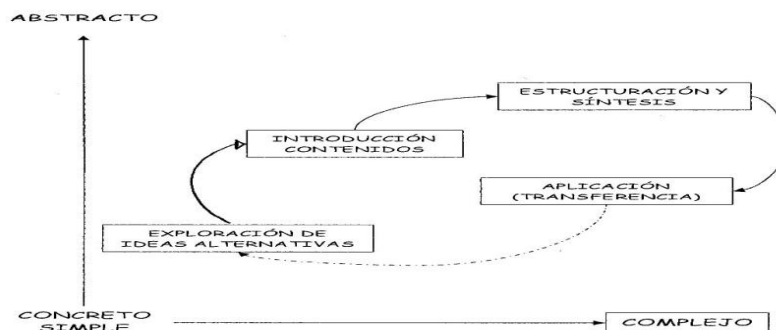
Las situaciones problema retoman características de la teoría de Campos Conceptuales de Gérard Vergnaud, como son la historicidad y variedad. En esta investigación, las situaciones problema son entendidas como una secuencia de problemas, que se diseñan por las investigadoras teniendo en cuenta que dichas situaciones se relacionan con fenómenos cotidianos, en los que se evidencien reacciones químicas. Asimismo, las situaciones problema son estructuradas en forma de preguntas tipo cuestionario¹² abierto, sin preguntar explícitamente por definiciones o conceptos concretos, sino presentando interrogantes que permitan que los estudiantes se expresen tanto escrita como gráficamente, den explicaciones y generen nuevas propuestas. Ésta construcción escrita da cuenta de una información amplia en torno al problema de este trabajo de investigación, en la cual pueden identificarse los conceptos y teoremas-en-acción funcionales para los estudiantes.

Las situaciones se presentan a los estudiantes en un orden de complejidad, en la medida en que se desarrolla una secuencia de actividades adaptada desde la mirada del ciclo de aprendizaje propuesto por Jorba y Sanmartí, como herramienta a través de la cual se planifican los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Dicho ciclo de aprendizaje se encuentra estructurado en cuatro fases, como se aprecia en el siguiente diagrama:

¹² El cuestionario es una técnica o instrumento de tipo cualitativo, entendido por Rodríguez y otros (1996), como una forma de encuesta para recoger información, en la que el encuestador diseña preguntas y pide que escriban sus respuestas a aquellas personas que considera que pueden proporcionarle la información suficiente y necesaria sobre el problema objeto de estudio.

CICLO DEL APRENDIZAJE



Tomado del Ciclo de Aprendizaje. Jorba & Sanmartí. 1996

Así pues, en la fase de exploración se plantean situaciones problema con el objetivo de identificar los conocimientos-en-acción iniciales que poseen los estudiantes en relación al concepto de reacción química. En la fase de introducción de conocimientos, no se pretende dar definiciones mecanicistas y fragmentadas sino, por el contrario, permitir que el estudiante comprenda a la reacción química como una red conceptual que abarca los conocimientos necesarios para su proceso de conceptualización inicial, estableciendo, además, relaciones de base importantes para enfrentarse a nuevas situaciones cada vez más complejas, las cuales son presentadas durante la fase de estructuración y síntesis. Finalmente, en la fase de aplicación, se evidencian los posibles cambios que se han generado en los estudiantes en el proceso de conceptualización inicial de reacción química.

Es importante anotar que el ciclo de aprendizaje anteriormente mencionado, para efectos de la presente investigación, fue organizado en tres momentos, atendiendo al nivel de complejidad de las situaciones problema propuestas. Para conocer las situaciones problema empleadas en este trabajo, remítase a los anexos del mismo. En el anexo 1 se encuentran las situaciones aplicadas en el grado noveno y en el anexo 2 las situaciones aplicadas en el grado octavo.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN

6.1. Proceso De Análisis

Es importante reconocer que la recogida de datos no es suficiente por sí sola para alcanzar los objetivos de la investigación, puesto que se necesita de un proceso interpretativo, analítico, reflexivo y crítico. Este proceso debe dar cuenta del análisis de los datos cualitativos de un modo coherente y significativo en relación al problema de investigación. Para analizar los datos, puede hacerse uso de instrumentos como diagramas, matrices, cuadros de doble entrada, sistema de redes, entre otros.

En este trabajo, la información es organizada en cuadros de doble entrada, en donde se analizan categorías en relación a subcategorías. Las categorías son entendidas “como conceptos agrupados que permiten al analista reducir el número de unidades con las que trabaja, además de su poder analítico, ya que posee el potencial de explicar y predecir. Una vez se define una categoría, se vuelve más fácil recordarla, pensar en ella y desarrollarla, en términos de sus propiedades y dimensiones” (Straus y otros, 2002, p. 124). De esta manera, las subcategorías le otorgan mayor especificidad a las categorías, explicando el cuándo, dónde, por qué y cómo, que posiblemente existen en una categoría.

Con respecto a lo anterior, cabe destacar que las categorías a partir de las cuales se hace el análisis en esta investigación son los conocimientos-en-acción (teoremas y conceptos-en-acción) que los estudiantes explicitan durante el

proceso de conceptualización, lo cual es articulado con la red conceptual de reacción química, conformada por el cambio físico y químico, el significado de la reacción química, la ecuación química y la conservación de la masa, tópicos que se constituyen en las subcategorías bajo las que se orienta el análisis de los posibles cambios de los conocimientos-en-acción en los estudiantes.

Para el análisis de la información, se identifican los conocimientos-en-acción de los estudiantes y se organizan en tres momentos, de acuerdo al orden de complejidad de las situaciones problema. Posteriormente, éstos son analizados con el fin de evidenciar posibles cambios o modificaciones, puntos de encuentro entre los diferentes casos y algunos obstáculos que subyacen al proceso de conceptualización.

6.2. Análisis Por Caso

El análisis se realiza caso por caso en atención al método estudio de caso empleado en la presente investigación. Es importante aclarar que pese a que el objetivo de dicho método no es llegar a generalizaciones, en este trabajo, sin embargo, se logra identificar algunos puntos de encuentro entre los diferentes casos analizados, con respecto a los conocimientos-en-acción. A continuación se presentan los análisis de caso por caso, según los tres momentos del proceso de análisis y, posteriormente, en un cuadro de doble entrada se pueden observar los puntos en los que éstos convergen.

6.2.1. CASO A

CUADRO 2
INVARIANTES OPERATORIOS CASO A

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
Situaciones: 1a, b, c; 2; 3;4		Situaciones: 1a, b, c; 2 a, b, c; 3 a; 4 a, b, c, d; 5 a, b, c; 6 a, b, c; 7 a, b, c; 8.		Situaciones: 1a, b, c, d.; 2 a, b, c, d.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico los elementos no cambian su estructura química. ✚ En un cambio químico o reacción química intervienen elementos que reaccionan y cambiar su estructura química. ✚ Elemento es todo lo que existe. ✚ Una ecuación química se forma con símbolos y números que indican operaciones matemáticas. ✚ La masa y materia son sinónimos, por tanto en la conservación de la masa la materia no se pierde y se transforma produciendo otras cosas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Elemento ✚ Cambio en la Estructura química ✚ Símbolos matemáticos y números ✚ Transformación ✚ Producción de otras cosas ✚ La materia no se pierde ✚ Elementos que reaccionan 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico no cambia la composición química. ✚ En un cambio químico o reacción química se produce cambio en la composición. ✚ Los elementos que reaccionan forman un nuevo elemento. ✚ En la conservación de la masa el elemento y las cantidades se conservan, pero la masa cambia de forma. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Elemento ✚ Composición química ✚ Nuevos elementos ✚ Moléculas ✚ Elementos que reaccionan ✚ Cambio de estado 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico no cambia la composición química. ✚ Los elementos chocan se atraen y forman nuevos productos. ✚ En una reacción química se dan enlaces e intervienen los números de oxidación para alcanzar la estabilidad electrónica. ✚ La ley de la conservación de la masa se evidencia empleando los números de oxidación. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Elementos ✚ Cambio en la composición ✚ Atracción ✚ Choques ✚ Nuevos productos ✚ Estabilidad en los electrones de valencia ✚ Números de oxidación

6.2.1.1. Momento 1

En el primer momento, se puede observar que el caso A no se ciñe simplemente a describir las situaciones planteadas, por el contrario, en sus respuestas trata de abstraer unas reglas generales (teoremas-en-acción implícitos), que aplica a determinados conceptos. Por ejemplo, para explicar qué es un cambio físico, argumenta que “*éste se presenta cuando un elemento no tiene cambio en su estructura química*”¹³, mientras que en el cambio químico sucede lo contrario. El estudiante para diferenciar un cambio químico de uno físico, alude al concepto de cambio de estructura química que según el se presenta en elementos, comprendiendo el concepto de elemento como todo lo que existe, además piensa que en este se presenta una reordenación en la disposición de los átomos, como si el elemento tuviera una estructura molecular, lo que evidencia su poca comprensión del concepto de elemento químico, por otro lado no habla de la reorganización de enlaces que ocurre en un cambio químico. Para cambio físico explica que en estos no se presentan modificaciones en la estructura molecular de los elementos como sí ocurre en un cambio químico, además no profundiza en otros aspectos que pueden abarcarse para la comprensión de cambio físico como son los conceptos de cambio de estado y la modificación de las fuerzas de cohesión.

Se identifica también que el caso A, por una parte, tiene una representación, aunque no muy precisa en sus explicaciones, de un nivel submicroscópico de la materia cuando dice que ésta tiene moléculas y, por otra parte, también concibe el nivel macroscópico de la misma, sin embargo, no reconoce una representación simbólica propia del lenguaje de la química como es la

¹³Anexo 1. Momento 1. Situación 3.

ecuación, pues alude a una sintaxis de tipo matemático-algebraico donde la indicación de operaciones adoptan un papel importante “ $2/2 \div 3/6$ ”.

Específicamente, del concepto de reacción química, el estudiante considera que para que ésta se produzca, es necesario que intervengan “elementos que reaccionen uno frente a otro generándose un cambio en la estructura molecular de los mismos”¹⁴. Aquí el concepto de reacción se refiere a que un elemento actúa o influye sobre otro hasta que lo cambia. El estudiante, aunque plantea pocos argumentos, infiere que es a nivel interno donde se presentan los cambios químicos, algo semejante ocurre con las reacciones químicas. El estudiante establece, entonces, una clara relación entre un cambio químico y una reacción química expresando que en ambos casos se presentan modificaciones estructurales. Al mismo tiempo, explicita que en las reacciones químicas “el calor puede influenciar la producción de un cambio en la estructura molecular”¹⁵, y cree que una de las propiedades físicas bien sea fusión o ebullición inducen a la producción de “calor” a un nivel máximo, causando un efecto importante en la modificación de la estructura de los elementos. Fusión y ebullición en esta respuesta no son significativas para el caso A en la explicación de cambio de estado, ya que solo pretende decir que la temperatura en un nivel alto daña la estructura molecular de las sustancias.

Es interesante detallar también, que cuando en la situación sobre combustión, se le pregunta al estudiante por la conservación de la masa, y explicita “la materia no se pierde se transforma, solo que se producen otras cosas”¹⁶. El concepto de masa y materia parecen tener el mismo significado para él, es decir, la masa no la distingue como una propiedad de la materia en relación a

¹⁴ Ibíd. Situación 4.

¹⁵ Ibíd. Situación 1b.

¹⁶ Ibíd. Situación 1c.

su cantidad, además cree que la masa se transforma. Es de rescatar su punto de vista, de que sea la “materia o masa” ésta no se perderá en una reacción química. Asimismo, frente a esta situación de combustión, el estudiante expresa que aparte de su concepción de que “*la masa se transforma*”, esto implica la “*producción de otras cosas*”. Hay que aclarar que, por un lado, la masa no genera productos y, por otro lado, este concepto de masa parece ser empleado por el estudiante para hacer referencia a cualquier objeto como material o a una sustancia química. Esta última asociación se presenta, igualmente, con el concepto de elemento el cual utiliza indiscriminadamente en la mayoría de los argumentos de sus respuestas.

Se puede afirmar que en este primer momento, el caso A emplea términos científicos que desde sus concepciones tienen un significado muy alejado de la conceptualización de la disciplina, utiliza conceptos indistintamente sin comprender sus implicaciones. Sin embargo, es de rescatar que posee nociones para distinguir entre un cambio químico y un cambio físico, estableciendo que solo en los cambios químicos hay un cambio de la estructura química, a esto se le suma que relaciona un cambio químico con la reacción química, e infiere que la materia tiene un nivel macroscópico y submicroscópico.

6.2.1.2. Momento 2

En este segundo momento, el caso A persiste en la concepción de que en un cambio físico “*los átomos no se alteran ni cambia la composición química*”¹⁷, mientras que en el químico la situación es diferente ya que aquí “*se altera la*

¹⁷ Anexo 1. Momento 2. Situación 1a, b.

*composición química*¹⁸; introduce entonces el concepto de composición en sus explicaciones para referirse a que en un cambio químico, las sustancias a las que sigue llamando elementos son modificadas en sus propiedades químicas, pero por la forma en que lo argumenta, esto parece ser un aprendizaje de tipo memorístico y poco significativo.

Una cuestión interesante que se denota en este segundo momento, consiste en que de forma contradictoria el estudiante complementa que en un cambio químico se pueden presentar también cambios de estado en la materia como *“pasar del estado líquido al gaseoso”*.¹⁹ Ahora, es evidente que el estudiante entra en una confusión de ambos conceptos que se vienen analizando, pues parece ser que no pensaba que en un cambio químico podían presentarse evidencias físicas, y como estas pueden ser apreciadas por los sentidos, les hace equívocamente una correspondencia con lo que sucede en los cambios físicos, llegando a construir la idea de que ambos cambios pueden ocurrir simultáneamente.

A continuación, se observa un nuevo aspecto que ejerce un papel importante en el concepto que trae el estudiante sobre la conservación de la masa; en este aspecto el estudiante sigue concibiendo que la masa *“cambia de forma”*, pero al mismo tiempo, la masa ya le representa o significa una *“conservación en la cantidad en que deben encontrarse los elementos.”*²⁰ Con lo anterior, se reitera que la transformación de la que habló el estudiante en el primer momento, hace alusión a un cambio de forma de la masa, mostrando nuevamente su falta de diferenciación conceptual entre lo que es masa y materia. Pero un punto a favor con este nuevo aspecto que introduce en sus

¹⁸ *Ibíd.* Situación 2a.

¹⁹ *Ibíd.* Situaciones 1a, b, 2a.

²⁰ *Ibíd.* Situación 6 c,

explicaciones, es que el estudiante está construyendo la idea de que la masa representa una cantidad que se conserva después de una reacción química.

Ahora bien, en cuanto al concepto de reacción química, reconoce que son necesarios unos *“elementos que reaccionan y forman unos nuevos elementos.”*²¹ se infiere que el caso A alude a la intervención de unos reactivos que por sus dinámicas generan productos en la reacción, no obstante, se le dificulta expresarse en estos términos, pero los reconoce cuando se le pide que los señale en una ecuación escrita, el problema sigue radicando en que el estudiante siempre se refiere a cualquier sustancia sea simple o compuesta en términos de elementos aunque esto, contradictoriamente, no le afecta en gran medida la comprensión del papel que juegan los reactivos y los productos dentro de una reacción química.

En cuanto a la forma como el estudiante representa una ecuación química, se ha notado una construcción conceptual positiva de la misma, ya que inicialmente la explicitaba en términos matemáticos y ahora reconoce en ella un lenguaje propio de la química; si bien no se puede desconocer que le falta trabajar en el método de balanceo para establecer coeficientes que le permitan representar la ley de la conservación de la masa.

Finalmente, se logra evidenciar que el caso A, ha comenzado a adquirir algunas bases que le han permitido iniciar una modificación conceptual, como es el hecho de comprender el significado cualitativo de la reacción química distinguiendo las sustancias que participan en ésta; la idea de que hay una ley de la conservación de la masa que habla de las cantidades de las sustancias (a las que llama elemento); la inclusión del concepto de composición para

²¹ *Ibíd.* Situaciones 4 a; 5a, b.

diferenciar un cambio físico y químico aunque no lo comprende totalmente y el reconocimiento de la producción de nuevas sustancias en una reacción química. Sin embargo, no puede dejarse de lado una preocupación, y es que el caso A no logra tener totalmente una diferenciación conceptual entre un cambio químico y uno físico, pues valga la redundancia que para el estudiante las evidencias físicas que se presentan en un cambio químico también pueden dar cuenta de un cambio físico, esta concepción podría obstaculizar el proceso de conceptualización de reacción química.

6.2.1.3. Momento 3

En este tercer momento, el caso A deja ver cambios en la comprensión del concepto de reacción química, ya que en sus argumentos introduce nuevos conceptos y establece unas relaciones entre los mismos, retomándolos en sus explicaciones de cómo se produce una reacción química.

Estos nuevos conceptos se encuentran en correlación al mecanismo de las colisiones, entendiendo que en las reacciones químicas se producen transformaciones a nivel submicroscópico, y define en su teorema que para que se produzca una reacción química es necesario que se den choques entre los elementos, los cuales se atraen y forman nuevos productos, como se ve sustentado en su respuesta *“en una reacción chocan los elementos se atraen en Al y Cl para alcanzar su estabilidad y al quedar el oxígeno y H se atraen y producen nuevas sustancias”*²². El estudiante comienza a comprender que es fundamental la producción de unos choques en los reactivos, aunque no lo explicita parece sobreentender que esos choques se generan para separar los átomos de las sustancias iniciales, esto se puede corroborar en sus

²² *Ibíd.* Situaciones 1d; 2c, d.

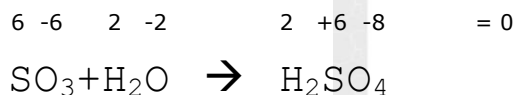
representaciones graficas del comportamiento submicroscópico de la materia. Ahora bien, argumenta que estos reactivos a los que como se mencionó anteriormente, persiste en llamar “elementos, se atraen y combinan o mezclan” para formar nuevos productos. Aquí con el término atraen se refiere a los electrones de valencia aunque no lo explicita siempre de forma estricta, pero parece ser que el estudiante confunde este último concepto con los números de oxidación los cuales representa numéricamente para expresar una estabilidad electrónica.

El estudiante persiste en el empleo del concepto de elemento, el cual no tiene claro, otro error conceptual que emerge, es el uso de los términos combinación y mezcla de los cuales no deja ver con exactitud qué es lo que realmente comprende y si ambos significan lo mismo para él.

Es importante precisar también que el estudiante en sus explicaciones del mecanismo de las colisiones deja por fuera dos condiciones principales para que se dé una reacción química: la orientación adecuada de los átomos y la energía de activación que se requiere para que se den choques efectivos.

Caso A reconoce que la reacción necesita unas sustancias iniciales y finales que son reactivos y productos, referidos y pensados por él como elementos, asunto que estuvo presente en todas sus respuestas, aunque al final logra hablar en términos de producto pero lo hace memorísticamente. Logra explicitar una ecuación química a nivel simbólico, empleando el lenguaje propio de la disciplina.²³

²³ *Ibíd.* Situaciones 1 a, 2 a.



Además, para argumentar sus explicaciones el estudiante intenta trabajar entre los tres niveles de representación de la materia propuestos por Johnstone los cuales corresponden al nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico (Galagovsky; Rodríguez y otros, 2003).

Otro aspecto que retoma el caso A para comprender un poco más el concepto de reacción química y complementar sus respuestas, es la utilización de los números de oxidación, empleándolos siempre como método de balanceo que le permite ver la estabilidad en los electrones de valencia de los átomos y evidenciar así la ley de la conservación de la masa en una reacción química, pero no logra dar explicaciones en términos de masa. Hay que tener presente, además, que para justificar esta ley, al estudiante no le es funcional el método de balanceo por tanteo trabajado con más profundidad en la introducción de conocimientos para el abordaje del proceso de conceptualización inicial de reacción química.

Para finalizar, se advierte que este estudiante es muy breve en sus explicaciones, utiliza términos indistintamente lo cual dificulta saber lo que comprende verdaderamente y la profundidad conceptual que tiene. Por otra parte, pese a que algunos términos empleados en su conceptualización son alejados de los significados reales en el campo de la disciplina, deja ver que empieza a replantearlos para comprender los procesos implicados en una reacción química y comienza a definir el concepto a partir del mecanismo de las colisiones, además relaciona este mecanismo con cambios a nivel atómico y específicamente en el comportamiento de los electrones de valencia.

Su proceso de conceptualización inicial de reacción química comienza como ya se ha visto con avances muy importantes, pero debe esclarecer algunas bases conceptuales implicadas en este concepto como son el significado de sustancia y sus clases, los conceptos de masa, materia, y la diferenciación entre combinación y mezcla, de esta forma el caso A tendrá una conceptualización más cercana a la científica.

6.2.2. CASO B

CUADRO 3
INVARIANTES OPERATORIOS CASO B

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
Situaciones: 1a, b, c; 2; 3;4		Situaciones: 1a, b, c; 2 a, b, c; 3 a; 4 a, b, c, d; 5 a, b, c; 6 a, b, c; 7 a, b, c; 8.		Situaciones: 1a, b, c, d.; 2 a, b, c, d.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico se presentan cambios de estado y se conserva la composición. ✚ En la reacción química se combinan los materiales y estos presentan cambios de forma. ✚ Cuando se da un enlace entre dos elementos químicos se produce una reacción química. ✚ Cuando los materiales cambian de forma la masa se pierde. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Estado ✚ Sigue la composición ✚ Combinación ✚ Cambios de forma ✚ Enlace entre dos elementos químicos ✚ Perder 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico hay cambio de estado. ✚ Un cambio químico es un cambio en la apariencia de la materia. ✚ Cuando se combinan los elementos se produce una reacción química. ✚ Elemento como cualquier sustancia. ✚ En una reacción química se descompone el elemento. ✚ En la conservación de la masa los elementos de los reactivos se encuentran en los nuevos compuestos. ✚ La ecuación tiene símbolos químicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio de estado ✚ Cambio en la apariencia ✚ Elemento ✚ Combinación ✚ Descomposición ✚ Nuevas sustancias ✚ Símbolos químicos 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Una reacción química o cambio químico es la combinación o enlace queda origen a otras sustancias. ✚ Combinación o enlace como juntar o unir. ✚ Entre los reactivos se presentan colisiones. ✚ En la ecuación química se distinguen reactivos productos y símbolos (+, →) 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Combinación ✚ Enlace ✚ Otras sustancias ✚ Reactivos

6.2.2.1. Momento 1

En este primer momento, el caso B explica el concepto de cambio físico, empleando términos propios del lenguaje científico como estados de la materia, y conservación de la composición de la misma, *“El agua en cualquiera de sus 3 estados: sólido, líquido y gaseoso, seguirá con su composición H₂O”*²⁴, sin embargo, parece ser que esta respuesta es una proposición memorística, porque sus argumentos no describen ampliamente el proceso, igualmente no se puede aseverar por la forma en que él se expresa, que comprende o no este concepto.

En relación a cambio químico, el estudiante no explicita ningún concepto en acción en este primer momento, se infiere que no establece relación entre este concepto y reacción química, lo que es contradictorio porque para reacción química expresa varios significados, como son *“creo que reacción química consiste en un enlace entre dos elementos químicos”*,²⁵ y en otras respuestas plantea *“la combustión en combinación con la madera cambia la forma de la madera”* de esta última se deduce, primero que el estudiante no comprende el proceso de combustión, y que uno de sus teoremas-en-acción consiste en la creencia de que en la reacción química hay cambios en la forma de los materiales.

Con lo anterior se observa que el caso B, presenta una visión macroscópica y quizá una cierta apreciación submicroscópica de la materia, pero hay que tener en cuenta que el hecho de que conciba que en la reacción química hay un cambio de forma le da una visión muy sesgada del fenómeno, ya que esto no siempre sucede; por otro lado aunque tiene presente que se producen enlaces en este tipo de cambios, encasilla que esto se debe dar *“entre dos elementos químicos”*,

²⁴ *Ibíd.* Situación 3

²⁵ *Ibíd.* Situación 4

obviando otras clases de sustancias a partir de las cuales se genera una reacción química como son los compuestos, desconociendo además otros tipos de reacciones en las que no siempre se necesita la intervención de dos elementos.

De otra parte el estudiante no explicita de qué forma entiende una ecuación química, parece ser que no posee conceptos en acción frente a este modelo de representación propia de la química. A esto se le suma que por las cortas y pocas explicaciones que el estudiante manifiesta, queda la duda de que los significados de la red analizada en este trabajo puedan haber sido aprendidos memorísticamente en años anteriores.

Por último, en lo que se refiere a la ley de la conservación de la masa el estudiante da una explicación muy limitada a la percepción visual, creyendo que al cambiar la forma de la materia, la masa se pierde porque lo que queda no es físicamente igual a lo inicial, dejándose ver en la siguiente respuesta *“Se pierde la masa porque la madera queda en polvo”*²⁶.

6.2.2.2. Momento 2

En este segundo momento, se observa que el estudiante es reiterativo con la concepción de cambio físico, el cual entiende como un cambio de estado, pero aquí se infiere además, una relación con la temperatura como un factor determinante de los cambios, *“Cuando una crema se lleva a la nevera hay un cambio físico porque cambia de estado líquido a sólido”*²⁷ como puede observarse, estos argumentos siguen en un nivel macroscópico y superficial, ya que omite en

²⁶ Anexo 1. Momento 2. Situación 1c.

²⁷ *Ibíd.* Situación 2b.

sus respuestas, que en este tipo de cambios no se producen alteraciones en la composición de la materia.

En cuanto al concepto de cambio químico considera que cuando éste se da, se presenta un cambio de apariencia de los materiales, lo que se deja ver en su respuesta *“los clavos al pasar el tiempo con presencia de oxígeno se oxidan y por eso se produce un cambio químico”*²⁸. Con lo anterior, muestra que no logra entender las implicaciones inmersas dentro de este proceso, pues para él los cambios corresponden a un nivel macroscópico y no interno, como realmente se dan.

Por otro lado, ve aislado lo que sucede en un cambio químico en relación a una reacción química. Éste último concepto lo considera como una combinación de elementos que se descomponen, es importante anotar que el estudiante no tiene un significado de elemento desde la explicación científica, pues para él este término hace alusión a cualquier sustancia como, por ejemplo, la sangre o la gasolina. Se esclarece así que contrariamente a como se pensaba en un primer momento el estudiante no sabe que es un elemento químico. Se tiene en cuenta además, que cuando el estudiante plantea que un elemento se descompone en un proceso de combustión, no está reconociendo que en una reacción química se da origen a nuevas sustancias o productos, lo anterior se evidencia claramente en la siguiente respuesta, *“la gasolina hace que funcione el motor de la moto y se descompone en monóxido de carbono”*²⁹.

En este momento sigue manejando el término de combinación, pero entendiendo que los elementos se juntan.

²⁸ *Ibíd.* Situación 6a.

²⁹ *Ibíd.* Situación 2a.

El estudiante empieza a reconocer un lenguaje propio de la química, ya que expresa en símbolos químicos una ecuación, en la que además, es capaz de identificar y diferenciar los reactivos y los productos, no explicita coeficientes y subíndices, y escribe todos los símbolos químicos en mayúsculas.

Al preguntarle al estudiante por la conservación de la masa, no hace referencia a la conservación en la cantidad de las sustancias, sino en la conservación de los elementos que conforman las sustancias que intervienen, esto es explícito en *“la masa se conserva porque los elementos de los reactivos no se alteran, forman un nuevo compuesto”*³⁰. Por otro lado, tampoco emplea ningún método de balanceo para evidenciar la ley de la conservación de la masa.

Recogiendo algunas de las ideas de este momento, se tiene que el estudiante aunque con algunas falencias empieza a estructurar la representación de una ecuación química, igualmente comienza a construir una idea sobre lo que es un cambio químico, concepto del que no explicitaba nada en un primer momento, sin embargo, todavía no se acerca en su significado al concepto científico.

6.2.2.3. Momento 3

En este último momento, el estudiante logra relacionar el cambio químico con una reacción química, indicando que en ellos se da una combinación o enlace que da origen a otras sustancias, lo que se confirma con la siguiente respuesta *“En un cambio químico hay un enlace entre la milanta y los ácidos del estomago”*³¹. Aunque este argumento es cercano a lo que sucede en una reacción o cambio químico, el estudiante no expresa qué es lo que está pasando realmente en el

³⁰ *Ibíd.* Situación 6c.

³¹ Anexo 1. Momento 3. Situación 6b.

proceso, ya que para él combinación y enlace son sinónimos de juntar o unir y en ninguna de sus explicaciones habla de rompimiento y reorganización de enlaces como esas dinámicas internas que permiten la formación de las nuevas sustancias.

El estudiante no reconoce que es a través de un mecanismo que se dan las reacciones químicas, sin embargo, llegó hablar en términos de colisiones, pero con la idea de que es un contacto entre elementos y no como se propone en la teoría. *“en la formación de la lluvia acida hay reacción química por las colisiones entre los ácidos y los hidróxidos”*³²

Se observa un avance importante en la representación de la ecuación química, pues inicialmente no mostraba invariantes operatorios de carácter simbólico propio del lenguaje químico, pero sigue siendo reiterativo en su dificultad para representar correctamente la estructura de los símbolos químicos, no dejando claro cuando hay realmente un compuesto. *“ $H_2O + SO_3 \rightarrow H_3SO_4$ ”*

Durante el proceso se identifica que el estudiante no logra comprender el papel que tiene la ley de la conservación de la masa dentro de las reacciones químicas, pues en sus respuestas no consigue mostrar equivalencias en gramos si era el caso³³. Asimismo no emplea métodos de balanceo para dar cuenta de esta ley con lo que se infiere que no tiene un teorema-en-acción claro de este concepto.

De otra parte, emplea una cantidad de términos de forma indiscriminada e incoherente, en algunos casos no entiende lo que se le pregunta, pues esto se refleja en sus limitadas respuestas a la hora de explicar una situación problema, además no deja claro lo que verdaderamente ha interiorizado.

³² *Ibíd.* Situación 6d.

³³ *Ibíd.* Situación 7.

Los cambios de los conocimientos-en-acción iniciales fueron pocos, ya que el estudiante no le dio relevancia a los significados conceptuales propios desde la disciplina. Aunado a esto se le presentaron problemas para argumentar en forma escrita, establecer relaciones conceptuales coherentes o filiaciones, no hubo rupturas importantes en los conceptos en acción iniciales, por el contrario, se ven mas reiterativos en las respuestas de todo el proceso. Parece que el estudiante respondió a las situaciones por cumplir pues no se ve en la mayoría de los casos un esfuerzo por dar a entender su postura o mostrar qué comprende cuando se le hace una pregunta.

6.2.3. CASO C

CUADRO 4
INVARIANTES OPERATORIOS CASO C

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1a, b, c; 2; 3; 4		SITUACIONES: 1a, b, c; 2 a, b, c; 3 a; 4 a, b, c, d; 5 a, b, c; 6 a, b, c; 7 a, b, c; 8.		SITUACIONES: 1a, b, c, d.; 2 a, b, c, d.	
TEOREMAS-EN ACCIÓN	CONCEPTOS-EN ACCIÓN	TEOREMAS-EN ACCIÓN	CONCEPTOS-EN ACCIÓN	TEOREMAS-EN ACCIÓN	CONCEPTOS-EN ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Estado de composición como la forma de un material y sus partes macroscópicas. ✚ Cambio físico como cambio de forma de manera parcial en la composición, pero regresa a su estado inicial. ✚ Una materia cambia totalmente su estado de composición cuando se desprenden moléculas, produciéndose una reacción química. ✚ En la ecuación química se presenta una reunión de símbolos químicos. ✚ Sustancia es cualquier materia. ✚ Las moléculas son aquellas partes macroscópicas que forman los cuerpos. ✚ La masa se conserva porque las sustancias solo cambian de forma. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Estado de composición parcial y/o total ✚ Materia ✚ Símbolos químicos ✚ Moléculas se desprenden 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico ocurre un cambio parcial porque las sustancias no se desgastan, ya que vuelven a su estado original. ✚ La temperatura influye en los cambios de estado. ✚ En un cambio químico se da un cambio de apariencia total y es imposible recuperar su estado original porque se desgasta. ✚ En una reacción química las moléculas y las sustancias se combinan. ✚ Los reactivos están separados, se atraen y forman nuevas sustancias, productos. ✚ En un cambio químico se conserva la masa porque no se destruyen los átomos solo cambian de apariencia, formando nuevas sustancias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Imposible recuperar el estado original ✚ Cambio total de apariencia ✚ Desgastar ✚ Cambio de forma ✚ Combinación ✚ Reactivos ✚ Separados ✚ Atracción ✚ Nuevas sustancias. ✚ Los átomos no se destruyen solo cambian de apariencia ✚ Productos ✚ Sustancias ✚ Moléculas 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico las sustancias sufren cambios de forma, pero vuelven a su estado original. ✚ Estado original es la forma que poseía una sustancia en un inicio. ✚ Combinación y mezcla procesos donde se reúnen sustancias diferentes. ✚ Cuando se mezclan dos sustancias se produce una reacción química. ✚ En la ecuación química se distinguen reactivos, productos y símbolos (+, →) ✚ La conservación de la masa como el equilibrio de cantidades de sustancias que deben presentarse tanto en los reactivos como en los productos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Combinación ✚ Nuevas sustancias ✚ Estado original ✚ Mezclas

6.2.3.1. Momento 1

En este primer momento, el Caso C deja ver que no tiene una distinción clara entre un cambio físico y un cambio químico, en este punto, es oportuno aclarar que la estudiante entiende el concepto de estado de composición, como la forma y componentes iniciales en que se presentan las sustancias, ya que considera que en un cambio físico *“el estado de composición no cambia totalmente”*³⁴, para la estudiante lo que sucede en un cambio físico, es un cambio parcial de la forma de las sustancias, sin que éstas pierdan la posibilidad de recuperar la forma inicial en que se presentaban, no obstante parece reconocer en este tipo de cambio la influencia de unas propiedades físicas como lo es la evaporación para que se de un cambio de estado, pero sin que explicita la comprensión del concepto como tal de estado de la materia.

En cuanto al un cambio químico, para ella *“cambia el estado de la composición total de la materia”*³⁵, pues cree que esta composición cambia es debido a que la materia se parte o se desprende en pedazos que luego no se podrán unir, esto lo deja más explícito en su respuesta, *“una materia cambia su estado de composición porque se desprendieron moléculas de la madera y cambio de madera a ceniza”*³⁶. En este tipo de cambio no reconoce que las transformaciones fundamentales son a nivel submicroscópico, pues aunque habla de moléculas las ve como unos componentes externos de la materia que se pueden desprender, de manera análoga como si fueran una especie de ladrillos, desconociendo las dinámicas que se dan en las sustancias a nivel interno para que se puedan producir las reacciones o cambios químicos.

³⁴ Anexo 1. Momento 1.Situación 4.

³⁵ *Ibíd.* Situación 4.

³⁶ *Ibíd.* Situación 1a y b.

Es importante destacar que la estudiante logra diferenciar estos dos tipos de cambios, pero es a partir de sus observaciones, dejando en evidencia la relevancia que le da a lo perceptivo, es decir a ese nivel macroscópico de la materia.

Continuando con el abordaje de la red conceptual, se encontró que frente al concepto de reacción química, la estudiante plantea que en este proceso interviene *“una materia, que cambia totalmente en su composición”*³⁷, en la situación presentada se refiere a la madera, dado que en varias ocasiones sus respuestas alude a “una materia”, se infiere la conceptualización de ésta como unidad u objeto.

Otros de los términos que son frecuentemente encontrados en el discurso del presente caso, es el de *“sustancia”* para referirse a las sustancias en general, pero sin diferenciarlas, y el de *“materia”*, el cual es utilizado para referirse a cualquier material.

Cuando se le pregunta si sabe cómo representar una ecuación química y que plantee ejemplos, esta estudiante escribe algunos símbolos químicos de forma inconexa, que no reflejan la idea de proceso, de reactivos, productos y otros símbolos desde el formalismo químico (+, →)

En lo que corresponde al concepto de conservación de masa en un cambio o reacción química, expresa que ésta se conserva, pero lo hace sin tener argumentos claros, pues parece una respuesta mecánica, ya que no se evidencia una comprensión.

³⁷ *Ibíd.* Situación4.

Analizando este primer momento se encuentra que el caso C, no posee conocimientos-en-acción iniciales con un dominio conceptual cercano a los conocimientos científicos que le permita establecer significados, una comprensión real y esclarecer parámetros de diferencia entre los conceptos de cambio químico, reacción química y cambio físico, además de que toma como punto de referencia lo que puede apreciar solo desde los sentidos, dejando de lado el mundo submicroscópico.

6.2.3.2. Momento 2

Para este segundo momento, el caso C continúa mostrando que para ella es funcional la idea de que en un cambio físico hay un cambio parcial de la materia y las sustancias vuelven a su estado original, pero introduce el término de “desgaste” como una condición que no sucede en este tipo de cambio, ratificando que sus apreciaciones hacen es alusión a la forma y partes tangibles, persistiendo además su visión de la materia en un nivel macroscópico. Asimismo se observa que en sus respuestas ya deja de lado el término de estado de composición del que habló en el primer momento.

La estudiante es reiterativa en el empleo de términos que designan fases de cambios de estado como evaporación y congelación, llegando explicar aquí solo una parte de lo que sucede en los procesos físicos, pues sigue dando cuenta de que la temperatura influye para que se presenten estas fases, pero pocas veces logra denominar el estado final de la materia al que podría llegarse en las situaciones planteadas, lo anterior se observa en la siguiente respuesta “se

*presenta un cambio físico, porque ocurre un proceso de congelación y luego vuelve al estado original o sea el estado líquido*³⁸.

En cuanto al concepto de reacción química, la estudiante comprende que éste se da entre unos reactivos que están separados y forman nuevas sustancias, frente a esto se observa un avance en el significado que le da a este concepto, ya que identifica el papel que cumplen las sustancias que intervienen en una reacción química.

De igual manera, cuando se le pregunta a la estudiante si cree que se da algún tipo de reacción cuando se emplea el Luminol en la identificación de sangre, ella responde *“sí, porque con la combinación de las moléculas que conforman la sangre y las moléculas que conforma la sustancia llamada Luminol, forma un complejo activo y se crea una reacción química creando nuevas sustancias”*³⁹, lo cual se constituye en un punto a favor para la conceptualización inicial porque ya en este segundo momento logra concebir que las sustancias están formadas por moléculas y que estas se combinan para que se produzcan las nuevas sustancias, dejando ver una visión submicroscópica de la materia. Sin embargo en sus explicaciones no detalla si comprende las reorganizaciones internas que se presentan en los átomos a nivel de enlaces.

En otro sentido, se podría decir que la estudiante relaciona un cambio químico y una reacción química por cuanto expresa que en ambos se producen o forman nuevas sustancias, como se muestra en la siguiente respuestas *“cuando los clavos sufren oxidación por estar al intemperie, se presenta un cambio químico, se conserva la masa porque no se destruyen átomos, sólo se rompen formando*

³⁸ Anexo 1.Momento 2. Situación 1b.

³⁹ *Ibíd.* Situación 3a.

*nuevas sustancias como en la muestra, que los clavos con el aire, la lluvia y el sol se produce un óxido de color rojizo*⁴⁰.

Sumado a lo anterior, se observa que la estudiante logra además establecer una relación entre el cambio químico y la conservación de la masa, la cual expresa al afirmar que: *“en un cambio químico, se conservó la masa porque no se destruyen átomos, solo se rompen formando nuevas sustancias”*⁴¹ y también que *“la masa se conserva porque no se destruyen los átomos solo cambian de apariencia formando nuevas sustancias”*⁴². A pesar de las interpretaciones que la estudiante realiza no hay dominio conceptual con respecto al concepto de conservación de masa, plantea que los átomos se “rompen” y cambian de “apariencia”.

6.2.3.3. Momento 3

Finalizando con el análisis del caso C, se encontró que la estudiante presenta dificultades para diferenciar un cambio físico de un cambio químico, esto es evidente en la siguiente respuesta *“Cuando una persona ingiere Hidróxido de Aluminio, éste se combina con los jugos gástricos, neutralizando la acidez, pero es un cambio físico, porque se producen nuevas sustancias, pero vuelven a su estado original”*⁴³, con lo cual se concluye, que para ella el teorema-en-acción funcional para cambio físico, es que las sustancias vuelvan a su estado original y, no comprende la importancia de que en este tipo de cambio hay conservación en la composición de las sustancias. Esta respuesta también permite evidenciar, que la estudiante no tiene un dominio conceptual suficiente, en cuanto al concepto de

⁴⁰ *Ibíd.* Situación 4a.

⁴¹ *Ibíd.* Situación 4a.

⁴² *Ibíd.* Situación 4b.

⁴³ Anexo 1. Momento 3. Situación 1b.

cambio químico, ya que no logra reconocer que la producción de nuevas sustancias se debe a que los átomos se agrupan de manera distinta debido a la reorganización de enlaces. Aunado a esto utiliza los términos de combinación y mezcla indistintamente para expresar lo que sucede, tanto, en un cambio físico como en un cambio químico.

En cuanto a reacción química, la estudiante reconoce aspectos generales del mecanismo de las colisiones como son los reactivos, choques efectivos y productos, no obstante en sus respuestas deja ver que en ningún momento estos son funcionales para explicar lo que está sucediendo en un cambio o reacción química, esto se observa en la siguiente afirmación: *“para la formación de la lluvia ácida, pueden producirse reacciones químicas, porque se producen mezclas entre agua y no metal, es como $H_2O + S$, además las plantas industriales utilizan cualquier combustible a altas temperaturas y esto produce dióxido de nitrógeno (NO_2), este reacciona con el agua (H_2O , formando ácido nítrico”⁴⁴*. Con esta afirmación, es claro entonces, que la teoría de las colisiones para ella es un proceso aislado, y lo emplea de manera mecánica al tiempo que se le pide.

Con lo anterior, se deja ver igualmente que para resolver las situaciones, la estudiante se ciñe en la mayoría de veces a argumentar sus respuestas con los mismos términos en que se construyen las situaciones, mostrando de esta manera pocos conocimientos frente al tema y falencias a la hora de explicitar sus argumentos frente a una situación.

Siguiendo con el abordaje de la red conceptual, se logra identificar que la estudiante estructura una ecuación química adecuadamente, reconoce tanto reactivos, símbolos y productos de una reacción química, pero en ningún

⁴⁴ *Ibíd.* Situación 2d.

momento habla en estos términos, por el contrario nombra cada sustancia que participa.

Frente a la conservación de la masa, concepto último de la red conceptual, se pudo observar que para la estudiante es muy funcional balancear una ecuación química, para comprender que hay conservación de la masa en una reacción química. El método que utiliza para esto es el conocido en química como tanteo, a través del cual se hacen diversas pruebas, (teniendo en cuenta, los subíndices con que juegan cada una de las sustancias) hasta que se encuentre el número para los reactivos y los productos y, a partir de éste proceso la estudiante reconoce el equilibrio de las cantidades de cada uno de los elementos, a ambos lados de la flecha.

En conclusión, se puede decir que el caso C presenta pocos cambios en los conocimientos-en-acción para la conceptualización inicial de reacción química, pues se observan dificultades para diferenciar un cambio físico de un cambio químico, además de que no logra establecer un vínculo entre la reacción química y el mecanismo de las colisiones, quedando en el plano macroscópico de la materia. De otra parte se logra ver que dicho caso, cambia sus conocimientos-en-acción iniciales, respecto a la representación de una ecuación química, pues consigue estructurarla, además de comprender que la química tiene un lenguaje propio. Asimismo a través de esta logra evidenciar la conservación de la masa.

6.2.4.CASO D

CUADRO 5
INVARIANTES OPERATORIOS CASO D

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1a, b, c; 2; 3; 4		SITUACIONES: 1a, b, c; 2 a, b, c; 3 a; 4 a, b, c, d; 5 a, b, c; 6 a, b, c; 7 a, b, c; 8.		SITUACIONES: 1a, b, c, d.; 2 a, b, c, d.	
TEOREMAS- EN-ACCIÓN	CONCEPTOS- EN-ACCIÓN	TEOREMAS- EN-ACCIÓN	CONCEPTOS- EN-ACCIÓN	TEOREMAS- EN-ACCIÓN	CONCEPTOS- EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Cuando un elemento sufre una conversión de forma se produce un cambio o reacción química. ⊕ A un cambio químico también se le puede llamar reacción química. ⊕ La temperatura influye en la conversión que se produce en un cambio químico o una reacción química. ⊕ Las partículas son pequeñas partes que componen un material. ⊕ Cuando un elemento desaparece hay un cambio químico. ⊕ Cuando un material cambia de forma se pierde la masa. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Elemento ⊕ Partículas ⊕ Desaparece n ⊕ Conversión ⊕ Cambio de forma ⊕ Perder 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ En un cambio físico se presentan mezclas y cambios de estado. ⊕ Las formas como se unen las partículas varían el cambio de estado. ⊕ Las mezclas homogéneas no se pueden separar. ⊕ Cuando las sustancias se evaporan y se convierten físicamente en otras formas se da cambio químico. ⊕ La combustión se da porque las sustancias se evaporan y se convierten. ⊕ En un cambio químico se conserva la cantidad de los elementos. ⊕ En una reacción química se producen nuevas sustancias. ⊕ Las reacciones químicas pueden ser de diferentes tipos. ⊕ Una ecuación química consta de reactivos, nuevas sustancias y un lenguaje químico. ⊕ La masa se conserva porque se presenta la misma cantidad de los elementos, tanto en los reactivos como en los productos. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Mezcla ⊕ Partículas ⊕ Cambio de estado ⊕ Evaporación ⊕ Convertir ⊕ Reactivos ⊕ Productos ⊕ Nuevas sustancias 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ En el cambio químico o reacción química un reactivo reacciona con otro reactivo, se mezclan y forman nuevas sustancias. ⊕ Reaccionar y mezclar como sinónimos de unir. ⊕ Una ecuación química contiene reactivos, productos y símbolos químicos. ⊕ La ley de la conservación se reconoce en una ecuación química. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Mezcla ⊕ Reactivos ⊕ Desaparecen ⊕ Nuevas sustancias

6.2.4.1. Momento 1

Inicialmente, se tiene que pese a que el caso D relaciona el cambio químico con la reacción química como un mismo proceso, se evidencia que su comprensión al respecto es poca, ya que no reconoce los procesos que están implicados para que se dé una transformación en la composición de las sustancias, considera además que los cambios se producen a nivel macroscópico, y se presentan solo en el aspecto físico en relación a la forma. Estos cambios los refiere en términos de “conversión” donde el “calor” puede ser un factor causante de este tipo de transformación física y que así se genera una reacción o cambio químico. Lo anterior se hace explícito en su afirmación: *“una reacción química es el cambio de un elemento químicamente como por ejemplo la madera se va consumiendo por acción del calor y se va convertir, en pequeñas partículas, en cenizas”*⁴⁵.

Se encuentra también que la estudiante utiliza algunos términos como elemento y partícula para argumentar sus explicaciones, pero sus significados se alejan de las construcciones científicas, pues para ella un “elemento” hace referencia a cualquier material u objeto, por ejemplo la madera; y una “partícula” como partes macroscópicas que conforman un material. Asimismo se observa que la estudiante presenta falencias en cuanto a la visión discontinua de la materia, cuestión que se esperaría que no ocurriese dado que estos conceptos han sido trabajados en grados anteriores.

Por otro lado, la estudiante no explicita lo que entiende por cambio físico, pero es muy particular que mencione cambios de estado, como evaporación para explicar un cambio químico o reacción química, con esto se precisa que su conceptualización inicial está alejada de los fundamentos teóricos científicos.

⁴⁵Anexo 1. Momento 1. Situación 4.

Igualmente se observa que no muestra conocimientos-en-acción iniciales para representar una ecuación química.

La estudiante plantea que la masa no se conserva porque *“cuando un material sufre cambios en la forma, la masa se pierde”*⁴⁶, se limita a argumentar desde lo que es tangible, sin reconocer que los otros productos que se generan no siempre se pueden percibir, proceso en el que se conserva esa parte de la masa que ella considera que se ha perdido.

Para finalizar es importante anotar que los conceptos de cambio químico, reacción química y conservación de la masa convergen en la visión macroscópica de lo que le puede suceder a la forma de la materia.

6.2.4.2. Momento 2

Para este momento la estudiante empieza a estructurar una concepción de lo que ocurre en un cambio físico, del cual establece que se presentan mezclas y cambios de estado, esto lo expresa cuando se le pregunta por el tipo de cambio que sufre la preparación de una crema al llevarla a la nevera, respondiendo lo siguiente: *“se da un cambio físico, porque se da un cambio de estado de líquido a sólido y sus partículas que no estaban tan unidas se unieron más por este cambio”*⁴⁷, con esto parece, además que estuviera considerando los movimientos que se dan en las moléculas cuando se debilitan o fortalecen las uniones entre ellas, para que se produzcan esos cambios de estado. Hay que reconocer que la estudiante presenta

⁴⁶ *Ibíd.* Situación 1a.

⁴⁷ Anexo 1. Momento 2. Situación 1b.

un avance frente a la forma que representa la materia, pues aquí ya identifica a las partículas no en el plano de lo macroscópico sino a nivel submicroscópico.

También es importante que la estudiante logra identificar que en un cambio físico se pueden presentarse procesos de formación de mezclas tanto homogéneas como heterogéneas, reconociendo que en la primera los componentes no se pueden diferenciar a simple vista mientras en la segunda ocurre lo contrario, esta aseveración se hace en relación a su afirmación: *“el material de la crema no se puede separar en sus ingredientes iniciales porque no se pueden diferenciar lo que contienen la mezcla, y paso de ser una mezcla heterogénea, en la cual se podían diferenciar sus elementos a una mezcla homogénea que no se pueden identificar, además después de que se juntan todos los ingredientes iniciales no se pueden separar”*⁴⁸. Una dificultad que subyace es la concepción en relación a las mezclas homogéneas, pues la estudiante argumenta que estas no se pueden separar dejando de lado los métodos físicos a través de los cuales es posible realizar este proceso.

Continuando con el concepto de cambio químico, se deja ver que la estudiante no ha logrado cambiar la concepción, de que estos cambios se dan cuando se presentan cambios de forma, esta mirada se evidencia en la siguiente respuesta: *“al estar en movimiento la moto, la gasolina sufre un cambio químico, porque se produce la combustión, hace parte de un cambio químico, y la combustión aquí se da porque la gasolina se va evaporando, se convierte en humo mientras la moto se mueve”*⁴⁹. Con lo anterior deja ver, además que no comprende tampoco el fenómeno de combustión, dado que no reconoce que las sustancias iniciales que intervienen en el proceso se alteran en sus propiedades formando nuevas sustancias,

⁴⁸ *Ibíd.* Situación 1c.

⁴⁹ *Ibíd.* Situación 2c.

Es paradójico que ya no establece una correlación entre cambio químico y reacción química como lo hacía inicialmente de forma explícita, pues sus respuestas no son muy claras y no dejan ver que comprenda si estos procesos son similares para ella, en este segundo momento.

En relación al concepto de reacción química, se observa que la estudiante reconoce y comprende algunos momentos del mecanismo de la teoría de colisiones, pero esto lo hace solo cuando se le pide, demostrando que para ella no es funcional a la hora de expresar el porque se genera una reacción química. Lo anterior se hace evidente cuando se le pregunta a la estudiante si se presenta una reacción química, cuando se emplea el Luminol en la identificación de sangre, respondiendo, *“si se presenta una reacción química, porque se esta formando una nueva sustancias, a partir del Luminol y el hierro y esto hace que se presente un tipo de reacción química, este tipo de reacción puede ser de síntesis, que dice que a partir de dos sustancias aparece una nueva, en este caso aparece un compuesto quimioluminiscente con el hierro y sangre y aparece un resplandor en la oscuridad por estas dos sustancias”*⁵⁰. De la respuesta anterior se evidencia un punto a favor en relación al concepto de reacción química, ya que la estudiante reconoce que ésta puede clasificarse según la forma como interactúen los reactivos.

Hasta cierto punto se podría decir que las justificaciones que da la estudiante, para argumentar que se presenta una reacción química en ciertos casos, tienen connotaciones importantes para acercarse a una conceptualización, próxima a lo que propone la disciplina; no obstante este hecho también hace pensar, que debido a las definiciones que expresa, la estudiante pudo memorizar algunos

⁵⁰ *Ibíd.* Situación 3a.

conocimientos, aunado a que en ninguna de las situaciones plantea una comprensión a un nivel submicroscópico de la materia en donde el rompimiento y generación de enlaces es lo que determinan los cambios en la composición química y la producción de nuevas sustancias.

En relación a la representación de la ecuación química, se puede observar que para este momento la estudiante distingue reactivos, productos y símbolos químicos, iniciando una estructuración simbólica mental del lenguaje químico. Se identifico, asimismo que tiene dificultad para trabajar con los coeficientes, ya que estos se requieren para el proceso cuantitativo denominado balanceo, el cual permite sustentar la ley de la conservación de la masa, pero a su vez la estudiante reconoce de forma cualitativa que tanto las cantidades de las sustancias como los átomos que las componen se conservan en los reactivos y en los productos, como se muestra en el siguiente argumento: *“la masa se conserva porque los reactivos, no se destruyen ni se cambian, solo se reorganizó para que se balancee la ecuación”*⁵¹, el término de reorganización implica para ella un intercambio de posición de los elementos. En suma, la ecuación química le permite a la estudiante reconocer la ley de la conservación de la masa, sin que le afecte que halla una reorganización atómica, porque para ella es claro que los átomos no se destruyen.

Al final de este momento se recoge que la estudiante empieza a formar una concepción de cambio físico, del cual no explicitaba ningún conocimiento-en-acción inicial, concibiéndolo como aquel donde se presentan mezclas y cambios de estado; otro aspecto positivo es que tiene la idea de que en una reacción química se producen nuevas sustancias, además de que reconoce la ecuación química como una representación del lenguaje propio de la química, y una forma de evidenciar la ley de la conservación de la masa.

⁵¹ *Ibíd.* Situación 7c.

Por otra parte se evidencia que no entienden un cambio químico, ya que no expresa nada acerca de la transformación que altera la composición química de las sustancias, llevando esto en ocasiones a generar dificultades a la hora de diferenciar los cambios trabajados.

6.2.4.3. Momento 3

En este último momento se puede asegurar que la estudiante establece una correspondencia entre un cambio químico y una reacción química. También se logra ver que la concepción de forma para cambio químico fue revaluada, pues para ella lo realmente importante en este proceso es que se den “*nuevas sustancias*”, complementando que para que estas sustancias se produzcan es necesario que los reactivos se “*mezclen*”, en otras palabras, se unan; todo lo anterior se deja ver en la respuesta que manifiesta, “*cuando el ácido clorhídrico reacciona con la milanta y se da una mezcla de las sustancias formando nuevas sustancias*”⁵².

La estudiante no logra crear relación alguna entre la teoría de las colisiones como mecanismo que permite una reacción química, por el contrario trabaja estos conceptos de forma inconexa, pero identificando aspectos generales que suceden en cada uno.

En cuanto a la ecuación química continua avanzando gradualmente en la estructuración del lenguaje propio en que se expresa la disciplina, y que corresponde a un nivel simbólico de la representación de la materia, propuesta por

⁵² Anexo 1. Momento 3. Situación 1b.

Johnstone (1983). Su progreso se debe a que reconoce que las sustancias iniciales se les llama reactivos, a las finales productos, y asimismo añade que la ecuación química consta de unos símbolos característicos como son + y \rightarrow ; señala además que estas ecuaciones deben atender a la conservación de la masa y para tal motivo emplea un método de balanceo como es el de tanteo.

Analizando el proceso de la estudiante, se observa que logra cambiar la representación simbólica propia de la química, dado que ya hace un reconocimiento de los símbolos y formulas que entran en juego con el fin de expresar un cambio químico o reacción química, además esto le ha permitido comprender que en una reacción química, así se presenten nuevas sustancias la masa se conserva y las sustancias que intervienen también.

De otra parte, abandono la idea de que la masa se pueden perder si se presentan cambios en la forma, con esto se esclarece que ya no se limita a explicar las situaciones problemas solo desde lo que pueda percibir a través de sus sentidos, sino que trata de comprender que se están produciendo otras dinámicas más internas y relevantes para que se den los cambios. Igualmente se identifico que empieza a precisar de una forma más acertada conceptualmente los términos de elemento, partícula y cambio físico.

6.2.5. CASO E

CUADRO 6
INVARIANTES OPERATORIOS CASO E

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1, 2, 3 a. b., 4		SITUACIONES: 1 a. b., 2, 3, 4 a. d. f., 5 a.		SITUACIONES: 1 a. b., 2 a. b., 3, 5 a. b. c., 6.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ En el cambio físico, las sustancias cambian por fuera pero la composición es la misma. ✚ En el Cambio químico hay transformación de las sustancias. ✚ Las reacción química, como un fenómeno (alteración cambio...) que ocurre en la materia al tener interacción o contacto con otro tipo de sustancias. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio ✚ Transformación ✚ Sustancia ✚ Composición 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un Cambio físico, las sustancias cambian de estado, conservando la misma composición. ✚ El cambio químico como un proceso de transformación donde las sustancias cambian de composición. ✚ Los fenómenos químicos se representan por medio de una ecuación química. ✚ Para mantener la misma cantidad de sustancias en los reactivos y productos, debemos balancear (colocar coeficientes delante de las sustancias.) la ecuación, y así se conserva la masa. ✚ El choque entre moléculas, forma moléculas diferentes a las iniciales. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio de estado ✚ Misma Composición ✚ Transformación. ✚ Cambio de composición ✚ Balanceo ✚ Ecuación ✚ Coeficientes ✚ Moléculas ✚ Choque 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En el cambio químico ocurre una reacción en la que se producen nuevas sustancias. ✚ La reacción química es un proceso en el que dos sustancias se combinan para producir otras. ✚ En una reacción química dos sustancias colisionan y forman dos sustancias diferentes a las iniciales. ✚ La reacción química se representa por medio de una ecuación química. ✚ En un proceso de combustión, la cantidad de masa se reduce, por lo tanto no hay conservación de la masa. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Reacción ✚ Combinación ✚ Sustancias nuevas ✚ Colisión ✚ Molécula ✚ Ecuación ✚ Reducción ✚ Conservación de la masa

6.2.5.1. Momento 1

El estudiante, denominado caso E, con respecto a la diferenciación entre cambio químico y cambio físico, es reiterativo al plantear que en un cambio químico, necesariamente, debe suceder una *transformación* de las sustancias involucradas en el proceso, Por ejemplo, Cuando dice que “*hay un cambio químico en la corrosión del hierro, es porque el hierro se transforma en oxido*”⁵³. Luego, en el cambio físico, deben existir *cambios*, pues dice, que al “*mezclar mantequilla y azúcar es un cambio físico porque la sustancia cambia mas no se transforma*”⁵⁴. Dichas proposiciones, evidencian que para él, al parecer, cambiar es muy diferente del hecho de transformar. Por lo tanto, la palabra *cambio* es funcional para el fenómeno físico y la palabra *transformación* para el químico. Son dos términos que operan como diferenciadores de los dos tipos de fenómenos ya mencionados.

Los cambios físicos, entonces, según este estudiante, son procesos en los que se dan cambios pero no transformaciones, porque la sustancia *sigue siendo* la misma, pues al estirar un resorte; “*sólo cambia por fuera pero la composición sigue siendo la misma*”⁵⁵, esto es, que se presenta un cambio externo en la sustancia, porque en su interior a lo que determina como composición, se mantiene inmodificable. Una abstracción posiblemente muy general, pero cercana al nivel submicroscópico de la química, ya que además, le funciona como eje diferenciador con respecto al cambio químico.

A Cambio químico, entonces, lo relaciona con un proceso en el que las sustancias pueden convertirse en otras, es decir, “*dejar de ser*”: “*dejó de ser una tostada y se*

⁵³ Anexo2. Momento 1. Situación 1d.

⁵⁴ *Ibíd.* Situación 1a.

⁵⁵ *Ibíd.* Situación 1p.

*volvió negra*⁵⁶, asunto que contrapone el *seguir siendo* atribuido al cambio físico, refiriéndose a un nivel macroscópico (apariencia) de la química porque realiza una comparación de la que encuentra diferencias entre la sustancia inicial y la sustancia final que se obtuvo, que en sí, es una sustancia nueva.

Luego de la diferenciación entre cambio químico y cambio físico, se da un abordaje al significado de reacción química, donde en su argumentación, caso E, alude a ésta como un fenómeno relacionado con los efectos que tiene el calor, el fuego, y el agua sobre la materia, pues intervienen y causan en ésta, alguna modificación externa, lo que se evidencia cuando expone, por ejemplo, que *“Las reacciones químicas, son aquellos fenómenos que ocurren cuando la materia es expuesta al calor, al fuego, al agua”*⁵⁷. Dichos efectos de acción externa, percibidos a través de los sentidos, se refieren a la apariencia de la materia, sin embargo, su proposición carece de claridad porque no logra suministrar más explicaciones al respecto.

En otro sentido, haciendo referencia al primer momento, el estudiante caso E, con respecto a la diferenciación entre cambio físico y cambio químico, y el significado de reacción química, utiliza una terminología que corresponde a un nivel macroscópico desde lo perceptivo, ya que sus pocos conocimientos- en -acción iniciales, son muy descriptivos y demasiado concretos, lo que posiblemente, dan cuenta de informaciones o nociones de los procesos de aprendizaje de los años anteriores.

⁵⁶ *Ibíd.* Situación 1n.

⁵⁷ *Ibíd.* Situación 2.

6.2.5.2. Momento 2

En un segundo momento, caso E, insiste en la utilización del término transformación cuando alude a cambio químico, el cual asocia con un proceso, en el que unas determinadas sustancias se transforman en otras nuevas, menciona que en la digestión de una hamburguesa, ocurren cambios químicos por *“la transformación de la comida en energía y la transformación de la comida en desechos”*⁵⁸. Además, señala que en un cambio químico deben combinarse las sustancias para poder cambiar su composición, por ejemplo, dice que el aluminio *“se oxida cuando se combina con el oxígeno, cambiando su composición”*⁵⁹. Deja explícito, entonces, que en el cambio químico, existe una transformación en la que se combinan las sustancias, y cambian la composición, produciendo unas sustancias nuevas, lo que es un acercamiento importante a los presupuestos científicos, claro está, que no hay certeza de su dominio con respecto a los términos de composición y sustancia.

Por otro lado, con respecto al cambio físico, alude a un *cambio de estado*. El estudiante expone, que cuando el aluminio se derrite a 660° C, *“cambia de estado, pasa de estado sólido a estado líquido”*⁶⁰, proposición que surge de las percepciones que tiene caso E, sobre el hecho de que una sustancia se derrita, a raíz de una acción externa (calor) que produjo dicho fenómeno.

Caso E, se refiere al cambio de estado, en el sentido de que una sustancia no experimenta modificaciones con respecto a su composición, esto es, entonces, que la sustancia no sufre un proceso de transformación. Es así, que cuando el aluminio es pulido, argumenta que: *“Sólo baja su volumen, pero su composición es*

⁵⁸ Anexo 2. Momento2. Situación 3.

⁵⁹ *Ibíd.* Situación 2.

⁶⁰ *Ibíd.* Situación 2.

*igual*⁶¹. Y aunque el elemento sólo cambia el volumen, puede decirse que el estudiante tiene un acercamiento conceptual importante con respecto al cambio de estado, pues le atribuye la modificación de ciertas propiedades físicas.

Frente a la reacción química, caso E, relaciona el tipo de sustancias que intervienen en el proceso, con la variable tiempo, la incidencia de un factor externo para ser modificadas, (asunto que también se evidenció en el momento I), y un reconocimiento de las evidencias físicas que dan cuenta de la reacción, refiriéndose, específicamente, al color, a la textura y a la forma. Esto se puede verificar cuando expresa, por ejemplo, en cuanto la oxidación del zinc, *que "Al ser el zinc un metal y estar expuesto durante algún tiempo a la intemperie, ha llegado a oxidarse, por eso deja filtrar agua. Se puede observar un color rojizo en el zinc y una textura rugosa por su oxidación, también el agua se filtra gracias a su nueva composición"*⁶².

La anterior proposición, da cuenta, que en una reacción química, según caso E, se forma una nueva sustancia porque se presenta un cambio de composición, y a esto puede añadirse, que a raíz de un choque entre moléculas de ciertos compuestos, se forman otras moléculas diferentes a las iniciales. Es así como al respecto de la fotosíntesis, menciona que *"La molécula de CO₂ choca con la de H₂O y con la energía luminosa y forman dos moléculas diferentes a las iniciales"*⁶³. Cuestiones que significan un gran paso al nivel submicroscópico de la química, porque manifiesta la representación simbólica de las moléculas que intervienen en el choque, lo que deja entrever que luego ocurre una reorganización interna que les permite obtener las *dos moléculas nuevas* que nombra.

⁶¹ *Ibíd.* Situación 2.

⁶² *Ibíd.* Momento2. Situación 1.

⁶³ *Ibíd.* Situación 5.

Asimismo, logra ingresar a un nivel simbólico, cuando reconoce que una reacción se representa por medio de una ecuación química, en la que identifica las sustancias iniciales que intervienen en una reacción; los reactivos, y las sustancias que se producen al final; los productos, otorgándole funcionalidad en el sentido de que cuando dicha ecuación es balanceada, permite la conservación de la masa, porque, *“Para mantener la misma cantidad de sustancia en los reactivos y los productos debemos balancear la ecuación, es decir, colocar coeficientes delante de las sustancias y así se cumple la conservación de la masa”*⁶⁴.

El cumplimiento de la conservación de la masa, señalada por el estudiante, está enmarcado en el sentido matemático, pues la mera comprobación en el plano numérico le es funcional para verificar que las cantidades de sustancia de los reactivos, permanezca igual, a la cantidad de sustancia de los productos. Sin embargo, queda en entre dicho que este estudiante logre interpretar dichos resultados y relacionarlos con eventos cotidianos.

En relación a los cambios evidenciados en el momento dos, puede afirmarse que caso E, con respecto a cambio físico, continúa afirmando que se conserva la composición de las sustancias, y las relaciona con un cambio de estado. Frente al cambio químico, explícita más argumentos con respecto al término de transformación que tanto menciona, permitiendo confirmar que para él un cambio químico es igual que una reacción química.

Igualmente, amplía la explicación de la reacción química a partir de un proceso de choque entre moléculas de ciertos compuestos, reconociendo, a su vez, que se

⁶⁴ *Ibíd.* Situación 5.

representa mediante una ecuación química, donde identifica las sustancias que intervienen en ésta, en la cual la conservación de la masa de los reactivos y de los productos puede verificarse a través del balanceo químico. Asunto que constituye un progreso de caso E, ya que en el momento uno, no presentaba invariantes operatorios referentes al nivel representacional de la química y a la conservación de la masa.

En general, caso E, muestra que algunos de sus conocimientos -en- acción han cambiado, lo que es posible que en un tercer momento, pueda realizar mayores abstracciones que muestren un gran avance, claro que según Vergnaud, la evolución (cambio) conceptual es un proceso que requiere de mucho tiempo.

6.2.5.3. Momento 3

El estudiante, caso E, con respecto a cambio físico, lo relaciona con la acción de “*manejar un carro*”⁶⁵ en lo que respecta al desplazamiento y desaceleración, por lo tanto existe un cambio físico cuando: “*El carro empieza a manejar. Y “si se choca hay otro cambio físico*”⁶⁶. Este ejemplo que propone con respecto al movimiento como tal, no altera la composición de las sustancias de las que exponía en sus conocimientos -en- acción de los momentos anteriores.

Además, en el mismo suceso de manejar un carro, afirma que existe un cambio químico, cuando propone, por ejemplo, “*La combustión para que funcione el motor*”⁶⁷, atribuyendo con esto, un fenómeno que puede ser evidenciado por el estudiante en eventos cotidianos y que tiene una aplicación importante frente al fenómeno químico, logrando marcar una diferenciación con respecto al cambio

⁶⁵ Anexo 2. Momento 3. Situación 3.

⁶⁶ *Ibíd.* Situación 3.

⁶⁷ *Ibíd.* Situación 3.

físico. No obstante, es desconocida la noción que tiene sobre el concepto de combustión.

Seguidamente, caso E, con respecto al cambio químico, lo identifica como una *reacción química*, por ejemplo, en lo referente a la combustión del carbón, manifiesta, que es *“Químico porque ocurrió una reacción y se produjo oxido de carbono y las cenizas del carbón”*⁶⁸, y del mismo modo, en la situación de la luciérnaga, dice, que, es un cambio *“Químico porque ocurre una reacción y se produce otra sustancia, luminosa”*⁶⁹. Allí se evidencia que un cambio químico da cuenta de una reacción química, en la que se producen sustancias nuevas.

Es así, como una reacción química, para el estudiante en mención, es un proceso en el que varias sustancias se combinan para formar otras nuevas, por ejemplo, cuando *“el oxígeno y la luciferina se combinan forman, luz y luciferina oxidada”*⁷⁰. El término *combinación* lo evoca desde un sentido submicroscópico, donde las sustancias participantes, deben colisionar para poder formar las nuevas sustancias, ya mencionadas, como al señalar, que *“El Cl colisiona con el NO Cl, al hacerlo se forma el complejo activado y se producen dos moléculas de... Esta es una reacción en la que dos sustancias (Cl y NOCl) colisionan y forman dos sustancias diferentes a las iniciales”*⁷¹.

Del mismo modo, representa la reacción química, a través de una ecuación química, la cual estructura identificando que las sustancias iniciales que se combinan, son los reactivos, y las sustancias finales que se obtienen después del proceso, son los productos, por ejemplo, en el caso de la oxidación del zinc, se

⁶⁸ *Ibíd.* Situación 5.

⁶⁹ *Ibíd.* Situación 1a.

⁷⁰ *Ibíd.* Situación 1b.

⁷¹ *Ibíd.* Situación 4.

necesita que dicho metal se combine con oxígeno para producir óxido de zinc, Así: $Zn^0 + O_2 \rightarrow ZnO$ ⁷². Con esto puede inferirse que el estudiante se acerca a un nivel submicroscópico, pues, además de tener en cuenta la representación de las sustancias implicadas, asigna números de oxidación a cada elemento, de manera que emerge en un nivel eléctrico de la química.

Además, en una reacción química, para caso E, por ejemplo, en la situación de la combustión del carbón, afirma, que *"la masa inicial se ha reducido por la combustión....porque la masa se ha reducido a cenizas"*⁷³, esto precisa que la masa no se conserva, porque cuando el carbón se vuelve cenizas, hay una *reducción*, y es precisamente, esta última palabra, la que da cuenta de una cantidad que numéricamente, no se mantiene constante, por lo tanto, no se cumple, según él, la ley de conservación de la masa. Asunto que evidencia que al estudiante le cuesta pasar de la verificación matemática a una interpretación.

En suma, en lo que atañe a los cambios desarrollados en un tercer momento por el estudiante, caso E, se puede afirmar que entiende que un cambio químico es una reacción química, la cual ocurre tras la combinación de unas sustancias iniciales, por la acción de un choque entre éstas, proceso, a partir del cual, se obtienen sustancias nuevas. Además, reconoce que este fenómeno es representado por medio de una ecuación química, que al ser balanceada, permite conservar la masa de las sustancias, y por lo tanto, se cumpla la ley de la conservación de la masa. Estos son cambios que permiten inferir que caso E, alcanza un acercamiento importante a los conocimientos científicos referentes a la red conceptual de la reacción química.

⁷² *Ibíd.* Situación 6.

⁷³ *Ibíd.* Situación 5c.

6.2.6.CASO F

CUADRO 7
INVARIANTES OPERATORIOS CASO F

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1, 2, 3 a. b., 4		SITUACIONES: 1 a. b., 2, 3, 4 a. d. f., 5 a.		SITUACIONES: 1 a. b., 2 a. b., 3, 5 a. b. c., 6.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ En el cambio físico el estado natural de la sustancia se conserva. ✚ Un cambio químico puede representarse a través de una ecuación química. ✚ Si las sustancias cambian su estado natural, ocurre un cambio químico. ✚ La transformación química relacionada como un cambio de estado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Estado inicial = Estado normal= Estado natural ✚ Estado final ✚ Estado físico ✚ Sustancia ✚ Transformación ✚ Elemento 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ El cambio físico se evidencia cuando hay cambios de estado sin dejar de ser las mismas sustancias o elemento. ✚ el cambio físico se relaciona con el concepto de mezcla. ✚ En los cambios químicos existe un proceso de combinación entre moléculas o elementos, representados por medio de una ecuación química. ✚ Una reacción química se representa por medio de una ecuación química. ✚ Los Reactivos están a la izquierda y los productos a la derecha. ✚ Para mantener la misma cantidad de sustancia de los reactivos y productos se balancea la ecuación. ✚ Al balancear la ecuación se verifica la ley de la conservación de la masa. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio de estado ✚ Mismas sustancias ✚ Mezcla. ✚ Elementos ✚ Combinación ✚ Reactivos ✚ Productos ✚ Balanceo ✚ Ecuación. ✚ conservación de la masa 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico la materia cambia su apariencia, por el cambio de estado. ✚ la reacción química se representa por medio de una ecuación química. ✚ Para conservar la materia se debe balancear la ecuación (como verificación matemática). ✚ Varias sustancias se combinan (colisionan) produciendo sustancias nuevas. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Ecuación química ✚ Balanceo cuantitativo ✚ Combinación (colisión)

6.2.6.1. Momento 1

En el primer momento, el estudiante denominado Caso F, en lo que respecta a la diferenciación entre cambio químico y cambio físico, es muy descriptivo en sus proposiciones, y demás se evidencia una confusión a nivel de conceptos y de lenguaje.

Frente al cambio químico, afirma, que se representa por medio de una ecuación química, por ejemplo, el proceso de la respiración: *“es un cambio químico porque inhalamos O_2 y exhalamos CO_2 porque lo representamos por medio de una ecuación química”*⁷⁴. Argumento que es muy interesante porque ingresa a un nivel representacional y parece que hace referencia a una reacción química.

También, de manera poco clara, y desde un nivel macroscópico, dice que en el cambio químico las sustancias cambian su estado natural, término que no da cuenta de su significado, pero que atribuye específicamente a un cambio desde lo externo, de la apariencia física de las sustancias, pues en la corrosión del hierro, por ejemplo, *“es un cambio químico porque si se deja el clavo de hierro a la intemperie o algo de hierro, éste se pondrá carrasposo, el oxígeno y también el agua harán que el hierro cambie su estado normal”*⁷⁵.

El cambio físico, es explicado, por parte de caso F, en el sentido de que el estado natural, estado inicial, estado físico o estado normal de las sustancias, se conservan, pues si estos varían, se produce un cambio químico. Además, se contradice en sus proposiciones cuando a fenómenos químicos los determina como cambios físicos, por ejemplo, en la cocción de un huevo, es *“un cambio*

⁷⁴ Anexo2.momento 1. Situación 1 o.

⁷⁵ *Ibíd.* Situación 1d

*físico porque al cocinar un huevo cambiará su estado físico o sea su estado natural ya no tendrá cáscara y lo podemos poner duro y blando según lo queramos*⁷⁶. Expresión que sumado a las proposiciones anteriores, llevan a inferir que el estudiante no diferencia entre cambio químico y cambio físico porque tiene confusión en la utilización de los conceptos.

En cuanto al abordaje de la reacción química, el estudiante propone que estas *“Son los cambios mediante los cuales una sustancia se transforma en otra. Una reacción química puede ser la transformación de un líquido a un sólido”*⁷⁷. Cuestión que evidencia la confusión de la reacción química con cambios de estado, y que en realidad la primera afirmación de su enunciado es parte de un proceso memorístico adquirido en procesos de aprendizaje pasados o por informaciones de otros medios, lo que puede concluirse que caso F, no comprende el significado de cambio físico, cambio químico o de reacción química.

6.2.6.2. Momento 2

Caso F, en el segundo momento, hace mayores relaciones y asociaciones en comparación con el momento anterior, pues se evidencia más claridad en sus proposiciones.

En lo concerniente al cambio químico, manifiesta que es un proceso en el que se combinan elementos, fenómeno que puede ser representado por medio de una ecuación química. Así, alude a dicha afirmación cuando expresa, con respecto a la oxidación del aluminio, lo siguiente: *“que es un cambio químico, $Al + O_2 \rightarrow Al_2O_3$ donde se combinaron dos elementos y el aluminio al estar a la intemperie se*

⁷⁶ *Ibíd.* Situación 1h

⁷⁷ *Ibíd.* Situación 2.

oxida.”⁷⁸ Razón por la que se justifica una especie de convergencia entre cambio químico con reacción química, desde un nivel representacional, lo que lleva a entender que caso F, quizá, reconoce que un cambio químico es una reacción química.

En lo que corresponde a cambio físico, considera, que se relaciona con cambios de estado, porque, por ejemplo, en la cuestión del aluminio derretido, desde su percepción, dice que *“Es un cambio físico porque el aluminio cambia de estado, pasa de estado sólido a líquido”*⁷⁹. La sustancia, por lo tanto, se conserva, porque sigue siendo el mismo elemento, donde le atribuye la no transformación como contraejemplo del cambio químico. Esto es apoyado cuando explica que el aluminio pulido es *“un cambio físico porque no se transforma el Al, cuando le pulen queda el pedazo de aluminio y el residuo de la pulición es el mismo elemento pero en otro estado”*⁸⁰.

Por otro lado, la reacción química se enmarca en la descripción, y en un nivel macroscópico de la química, ya que no hay inferencias significativas que demuestre un avance de caso F al respecto, Por ejemplo, en el fenómeno de la oxidación del zinc, expone: *“Lo que ocurrió fue que el zinc estuvo expuesto a la intemperie (al agua y al aire) y el aire lo oxidó, entonces (me imaginado que)el zinc se oxidó y se le hicieron huecos”*⁸¹. Este proceso, lo respalda con las evidencias físicas que considera que ocurren durante la reacción, como el color, la forma, y la textura. Nociones que justifican un proceso cualitativo de la reacción química.

⁷⁸ Anexo2. Momento 2 .Situación 2.

⁷⁹ *Ibíd.* Situación 2.

⁸⁰ *Ibíd.* Situación 2.

⁸¹ *Ibíd.*situación1.

Sin embargo, cabe señalar, que caso F, en este abordaje de la reacción química, también, lo relaciona con el fenómeno de las colisiones en el sentido de que dos sustancias colisionan, formando dos sustancias nuevas, lo que representa un avance importante, ya que es posible que realice interpretaciones desde un nivel submicroscópico de la química. Asimismo ilustra el proceso de la colisión como una manera de verificar su comprensión, y por lo tanto, comprobar su argumentación. Al respecto, afirma, por ejemplo, que en la fotosíntesis, el *“dióxido de carbono, agua y luz colisionan formándose dos sustancias nuevas que son glucosa y oxígeno molecular”*⁸². Parece que lo hubiese leído en la ecuación que se plantea en la situación, pero es interesante porque evidencia una mayor profundidad con respecto a la reacción química.

En otro sentido, el estudiante, denominado, caso F, representa la reacción química por medio de la ecuación química, de la que identifica las sustancias que intervienen en dicho proceso, describiendo, que los reactivos se encuentran a la izquierda de la ecuación, y los productos a la derecha de ésta, asunto que carece de interpretación y que muestra un proceso meramente mecanicista. Igualmente, considera que dicha ecuación debe ser balanceada *“para mantener la misma cantidad de sustancias de los reactivos y los productos”*⁸³, permitiendo la verificación de la ley de la conservación de la masa, cuantitativamente. Cuestión que es aludida de manera teórica, lo que puede evidenciarse que se ha aprendido la lección, con un escaso análisis.

En éste segundo momento, se puede señalar que caso F ha logrado ser más explícito, y ha mostrado cambios en el sentido del lenguaje, dándole mayor claridad a sus proposiciones, acercándose a los presupuestos científicos desde la

⁸² *Ibíd.* situación 5b.

⁸³ *Ibíd.* situación 5a.

teoría, pero sin aplicarlos a situaciones cotidianas, lo que dichos cambios se evidencia desde un punto de vista memorístico.

6.2.6.3. Momento 3

En el tercer momento, el estudiante, Caso F, con respecto al cambio químico, inicialmente, dice que se refiere a un proceso en el que *“varias sustancias producen una nueva”*⁸⁴. Argumento que permite inferir una especie de adición de la que sólo se evidencia un resultado final, más no, un proceso, manteniendo así, la mera descripción, también desarrollada en los momentos anteriores.

De igual forma, con respecto a la combustión del carbón, presenta proposiciones ambiguas, que pareciera que se hubiese devuelto al momento uno, pues afirma, que es un *“cambio químico, porque físicamente la materia cambia ya que el carbón cambia su estado y el peso es menos... Químicamente la materia es la misma, y este fenómeno se puede explicar con una ecuación química”*⁸⁵. Con esto se puede verificar que le cuesta comprender el cambio químico, y que todo lo que conoce y logra argumentar, es desde su memorización, ya que se le hace difícil establecer relaciones e inferencias con situaciones cercanas a su cotidianidad, lo que no alude, entonces a progresos en este sentido.

En otra dirección, frente al significado de reacción química, Caso F, en su modo descriptivo, expone, por ejemplo, que cuando *“La luciérnaga respira, el oxígeno entra en ella y va al estómago, el O₂ se combina donde la luciferina que es una sustancia química que tiene la luciérnaga en el estómago, reaccionan las dos*

⁸⁴ Anexo2. Momento 3. Situación 1 a.

⁸⁵ *Ibíd.* Situación 5 b.

*sustancias y se produce la luz*⁸⁶. Al respecto, provee una explicación sujeta a la información que se propone sobre la luciérnaga, donde las reorganiza, reconociendo las sustancias iniciales y finales que intervienen en el proceso.

De la misma manera, el estudiante en mención, con respecto a la reacción química, sujeto a la memorización de la teoría de las colisiones, por ejemplo, dice que *“Después de que las moléculas de NOCl rompen la barrera con el Cl, se recombinan las moléculas de los elementos, formándose dos nuevas sustancias que son el Cl₂ y el NO”*⁸⁷, dejando implícito, además, que el término combinación, converge con el de colisión, de manera que hace referencia a éstos como dos procesos similares, para la formación de nuevas sustancias.

Al estudiante, caso F, le es funcional que una reacción química, se represente mediante una ecuación química, la cual, *“Para conservar la materia, se debe balancear la ecuación”*⁸⁸. Todo esto, en un sentido matemático, donde se conserven las proporciones entre los reactivos y los productos. Además, complementa, afirmando que: *“si se altera la proporción entre las sustancias de la reacción no se conservaría la masa en la reacción”*⁸⁹. Sin embargo, la conservación de la masa en una reacción química es interpretada desde un plano cuantitativo, sin evidenciarse inferencias que le permita presentar cambios importantes en el momento tres.

Finalmente, con respecto a los cambios obtenidos, por el estudiante, denominado caso F, se puede aludir a un avance a nivel teórico que le posibilita dar argumentos, por ejemplo, en cuanto a la reacción química, al balanceo de ésta, y

⁸⁶ *Ibíd.* Situación 1b.

⁸⁷ *Ibíd.* Situación 4.

⁸⁸ *Ibíd.* Situación 2 a.

⁸⁹ *Ibíd.* Situación 2 a.

la conservación de la masa, pues en esta última se evidencia desde un discernimiento matemático que permite la verificación de la ley de la conservación de la masa, Sin embargo, no logra establecer una relación con eventos cotidianos para el abordaje la red conceptual de la reacción química.

6.2.7.CASO G

CUADRO 7
INVARIANTES OPERATORIOS CASO G

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1, 2, 3 a. b., 4		SITUACIONES: 1 a. b., 2, 3, 4 a. d. f., 5 a.		SITUACIONES: 1 a. b., 2 a. b., 3, 5 a. b. c., 6.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ✚ En los cambios físicos las sustancias no cambian su composición, siguen siendo las mismas sustancias. ✚ El cambio químico es una transformación que experimentan las sustancias, donde pueden evidenciarse cambios de composición. ✚ La reacción química está relacionada con cambios de estado que experimenta una sustancia, donde intervienen factores como el frío y el calor. ✚ Para que en una ecuación química exista el mismo número de átomos en los reactivos y en los productos es necesario balancear ésta. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Composición como cambios a nivel macroscópico de las sustancias: Cambio de forma, cambio de color, cambio de textura ✚ Sustancia ✚ Transformación ✚ Frío ✚ Calor ✚ Balanceo de ecuaciones químicas ✚ Igual cantidad de átomos 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Los cambios químicos son cambios en los que varias sustancias se combinan para producir otra u otras sustancias diferentes. ✚ En una reacción química se combinan sustancias, éstas chocan, se forma una colisión y se forma una energía. ✚ Las ecuaciones químicas están formadas por reactivos, productos, coeficientes y subíndices. ✚ Para mantener la misma cantidad de sustancia en los reactivos y los productos de una ecuación química y para que ésta cumpla con la ley de la conservación de la masa, es necesario balancearla. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Producción de nuevas sustancias ✚ Combinación de sustancias ✚ Transformación de sustancias (se convierten en) ✚ Colisión ✚ Energía ✚ Choque ✚ Reactivos ✚ Productos ✚ Coeficientes ✚ Subíndices ✚ Balanceo de las ecuaciones químicas ✚ Ley de la conservación de la masa ✚ Misma cantidad de sustancia 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En los cambios químicos ocurre un choque de sustancias. ✚ En los cambios físicos se presentan cambios de estado y mezclas. ✚ Las reacciones químicas son procesos que ocurren a través del mecanismo de las colisiones. ✚ Las sustancias químicas que intervienen en las reacciones químicas pueden ser representadas a través de símbolos químicos. ✚ En las reacciones químicas las sustancias pierden materia. ✚ Las ecuaciones químicas se balancean para cumplir con la ley de la conservación de la masa. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Mezcla ✚ Choque ✚ Emisión de luz ✚ Teoría de las colisiones ✚ Producción de energía ✚ Balanceo químico ✚ Dispersión de las moléculas ✚ Pérdida de masa

6.2.7.1. Momento 1

Con respecto a las diferencias entre el cambio físico y el cambio químico, como primer tópico de la red conceptual a tener en cuenta, los conocimientos-en-acción iniciales encontrados en la estudiante caso G, apuntan a que en el cambio físico las sustancias no cambian su composición y siguen siendo las mismas, en tanto que en el cambio químico las sustancias experimentan una transformación en la cual pueden evidenciarse cambios en la composición. En este punto, no obstante, es pertinente aclarar que pese a que el concepto composición se presenta de forma repetitiva, dicho concepto parece no tener correspondencia con el concepto de composición química, sino que parece estar relacionado más bien con características macroscópicas de las sustancias. Así, por ejemplo, cuando se afirma que en la corrosión del hierro, *“hay un cambio químico porque el hierro se oxida y cambia su composición, se torna de un color rojizo y el metal se debilita”*⁹⁰, no se hace referencia a cambios en la composición química del hierro, sino a cambios de forma, color y textura, denotándose de esta manera, que aún cuando el concepto de composición sea reiterativo, éste da cuenta de unas características físicas y tangibles de la materia, de aquello que puede observarse fácilmente, no de unas características moleculares de la misma.

Ahora bien, es comprensible que no se conociese muy bien la composición química de una barra de hierro, sin embargo, se advierte que cuando se le pregunta por un compuesto químico como el agua, compuesto bastante conocido por los estudiantes de este nivel y trabajado durante la clase en repetidas ocasiones, la respuesta de que en la fusión de un cubito de hielo en un vaso de agua *“el hielo se descongela y se convierte en más agua fría pero sigue siendo*

⁹⁰ Anexo 2. Momento 1. Situación 1

*agua*⁹¹, tampoco evidencia que se profundice en dicho teorema-en-acción y se explicita algún tipo de inferencia mayor en la cual se amplíe, por ejemplo, que el agua sigue siendo agua porque siguen habiendo dos átomos de hidrógeno y un átomo de oxígeno, inferencia que daría cuenta de la relación establecida por la estudiante entre el concepto de composición y características moleculares, en lugar de características físicas.

En este primer momento, también se evidencia el uso frecuente del concepto sustancia, como concepto-en-acción, sin embargo, una respuesta como que *“se presenta un cambio físico al estirar un resorte porque su forma cambia pero sigue siendo la misma sustancia”*⁹², no es lo suficientemente amplia y explicativa como para advertir que, en efecto, se sabe lo que es una sustancia química. Es probable, pues, que este concepto sea empleado de forma arbitraria para referirse a los materiales por los cuales se pregunta y que no posea una correspondencia con el concepto químico de sustancia, tal y como ocurre con el concepto de composición.

Continuando con la reacción química como otro de los conceptos de la red conceptual propuesta a lo largo de este trabajo, la respuesta presentada en el primer momento de que *“una reacción química es un cambio de estado de una sustancia, con la acción del frío o del calor”*⁹³, da cuenta de la relación establecida entre la reacción química y los cambios de estado que experimenta una sustancia, en los cuales cobran vital importancia factores como el frío y el calor, sin embargo, sus ideas no se acercan al concepto científico.

⁹¹ *Ibíd.* Situación 1.

⁹² *Ibíd.* Situación 1.

⁹³ *Ibíd.* Situación 2.

En este mismo orden de ideas, en torno a la representación de las reacciones químicas como otro de los tópicos a analizar, cabe destacar que durante el primer momento de la investigación, no fue posible evidenciar conocimientos-en-acción iniciales en esta dirección, al parecer, el caso analizado, no posee nociones de cómo se representa químicamente una reacción.

Finalmente, al analizar el último concepto de la red conceptual en mención, la conservación de la masa, se encuentra un conocimiento-en-acción inicial bastante próximo a las concepciones científicamente aceptadas que, de hecho, fueron trabajadas durante la introducción de nuevos conocimientos a través de la intervención pedagógica. Ya en este primer momento fue posible evidenciar el reconocimiento de que para que en una ecuación química exista el mismo número de átomos tanto en reactivos como productos, es necesario balancear ésta, conocimiento-en-acción apoyado en la respuesta: *“El balanceo de las ecuaciones es importante porque siempre deben haber los mismos átomos en reactivos y en productos”*⁹⁴. Así pues, es de anotar que pese a que el concepto de balanceo químico sea referido en este momento, no quiere decir, necesariamente, que eso corresponda a que dicho concepto se comprendió, de forma correcta desde la química, cuestión que dada la brevedad de las respuestas proporcionadas en este sentido, no fue posible aclarar.

6.2.7.2. Momento 2

Ahora bien, en un segundo momento de la investigación, la respuesta: *“Al combinarse el aluminio con el ácido clorhídrico, se produce una nueva sustancia*

⁹⁴ *Ibíd.* Situación 3 b.

que es el gas de hidrógeno⁹⁵, podría conducir a una nueva proposición (teorema-en-acción) en relación con el cambio químico, dado que se plantea que éste es un cambio en el que una o varias sustancias se combinan para producir otra u otras sustancias diferentes, proposición que difiere de la presentada en el momento anterior, en los conocimientos-en-acción iniciales, en cuanto que ya no se hace alusión al concepto de composición, aún cuando continúe refiriéndose al concepto de sustancia. En este sentido, puede comenzarse a identificar el establecimiento de una relación entre el cambio químico y la reacción química. En torno al cambio físico, sin embargo, en este momento concreto de la investigación, no es posible evidenciar un teorema-en-acción funcional, dado que no se responde claramente a las situaciones propuestas en esta dirección, aspecto que puede deberse a una desestabilización en el conocimiento-en-acción inicial, provocado por la introducción de dicho concepto durante la intervención pedagógica. De tal forma, puede evidenciarse ya en este punto la no conceptualización inicial de dicho tópico.

Seguidamente, en el segundo momento de esta investigación en cuanto a la reacción química, se evidencia una nueva respuesta, bastante diferente de la presentada en el momento anterior: *“Yo creo que al combinarse el vinagre con el bicarbonato hizo que chocara o se formara unas colisiones y formara una energía”*⁹⁶. Detrás de la misma entonces, puede pensarse en un nuevo teorema-en-acción en este sentido, que dé cuenta de que en las reacciones químicas se combinan sustancias, éstas chocan, se forma una colisión y se forma una energía, no obstante, en este punto, no es posible asegurar con certeza que dicha afirmación realmente corresponde al cambio del conocimiento-en-acción anterior y no que se trate de una aseveración expresada de forma mecánica ciñéndose a los términos escuchados durante la intervención pedagógica llevada a cabo.

⁹⁵ Anexo 2. Momento 2. Situación 2.

⁹⁶ *Ibíd.* Situación 4 a.

En referencia a la representación de las reacciones químicas, puede afirmarse que se presenta una interiorización del significado de la ecuación química como la forma en la que se representan los cambios químicos o reacciones químicas, además de una correcta identificación de reactivos, productos, coeficientes y subíndices, como las partes principales de dicha representación.

Continuando con el concepto de conservación de la masa, se observa una respuesta bastante similar al momento anterior, en la cual la estudiante manifiesta que para mantener la misma cantidad de sustancia en los reactivos y los productos en la ecuación presentada, que ejemplificaba el proceso seguido por las plantas verdes para transformar la energía lumínica en energía química, *“primero debemos balancear la ecuación, lo cual es necesario para que se cumpla la ley de la conservación de la masa”*⁹⁷. En esta afirmación se encuentra la variación de que ya no sólo se afirma que para mantener la misma cantidad de sustancia en los reactivos y los productos de una ecuación química, ésta debe ser balanceada sino que, además, debe balancearse para que se cumpla la ley de la conservación de la masa. En esta medida, puede afirmarse que los cambios observados, entre los conocimientos-en-acción presentados en el primer y segundo momento, trascurren en dirección hacia las concepciones científicamente aceptadas.

6.2.7.3. Momento 3

Asimismo, en el tercer momento de la investigación, con relación al cambio químico y el cambio físico, se encuentra que el primero de ellos comenzó a ser

⁹⁷ *Ibíd.* Situación 5 a.

relacionado con la teoría de las colisiones, dado que, por ejemplo, en la situación en la que se preguntaba por qué razón las hembras de las luciérnagas emiten luz por las noches para atraer a los machos, se responde: *“Creo que se debe a un cambio químico en donde el oxígeno choca con alguna sustancia y se emite luz”*⁹⁸, lo cual permite reafirmar la relación establecida entre el cambio químico y la reacción química que comenzaba a vislumbrarse en el momento anterior de esta investigación. No obstante, en cuanto al cambio físico, se evidencia, una vez más, la no apropiación de un teorema-en-acción funcional, dejando entrever únicamente una incipiente relación de este concepto con cambios de estado y mezcla de sustancias por cuanto se afirma, por ejemplo, que se presenta un cambio físico *“cuando preparamos un pastel debemos mezclar todos los ingredientes... y esperar a que el agua se descongele”*⁹⁹

De esta manera entonces, y luego de analizar el cambio químico y el cambio físico en los tres diferentes momentos de la investigación, es posible afirmar que, en efecto, se inició un proceso de conceptualización inicial de cambio químico, presentándose finalmente el teorema-en-acción de que el cambio químico es un proceso en el que varias sustancias se combinan, chocando entre sí, para formar sustancias nuevas; en tanto no se logró vislumbrar un proceso de conceptualización inicial de cambio físico.

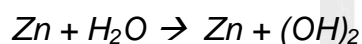
La proposición presentada en el momento anterior con relación a las reacciones químicas de que en éstas se combinan sustancias, éstas chocan, se forma una colisión y se forma una energía, nuevamente, se evidenció en el tercer y último momento de esta investigación, cuando se preguntaba, por ejemplo, qué sucede para que la luciérnaga hembra emita luz y pueda atraer a los machos, y se obtuvo por respuesta: *“El oxígeno se encuentra con la luciferina y colisionan, esto hace*

⁹⁸ Anexo 2. Momento 3. Situación 1 a.

⁹⁹ *Ibíd.* Situación 3.

que se produzca energía, la cual emite luz”¹⁰⁰. Lo anterior pues, muestra claramente cómo en este caso se dio lugar a un proceso de conceptualización inicial de reacción química, en el cual se acudió al mecanismo de las colisiones para explicar el concepto de reacción química. En relación a lo anterior, es sumamente relevante destacar que en esta investigación se constituía en prioridad el que los participantes dieran inicio al proceso de conceptualización inicial de reacción química, a partir de las situaciones problema propuestas y, en este caso concreto, el hecho de que el concepto de reacción química sea explicado a partir de la teoría de las colisiones, sin lugar a dudas, da cuenta del comienzo efectivo de dicha conceptualización.

Asimismo, ya en el tercer momento, cuando se solicitaba que se representara químicamente la reacción que tiene lugar cuando las láminas de zinc¹⁰¹, luego de estar expuestas a la intemperie y dejan filtrar el agua, se observó claramente la relación establecida entre las sustancias enunciadas y las sustancias representadas químicamente, es decir, se encontró la siguiente representación:



Representación que aunque no esté formulada de forma totalmente correcta, permite vislumbrar no sólo la correspondencia en símbolos que la estudiante hace de cada una de las sustancias que le son presentadas en la situación sino, además, el que haya intentado representar no una ecuación en la que se formara un óxido, como muchos otros estudiantes lo hicieron, sino una ecuación en la que se formara un hidróxido, lo cual da cuenta de su capacidad propositiva y asociativa, en concordancia con los datos proporcionados por la situación de aprendizaje, así pues, se evidenció en ella que intentó formar un hidróxido,

¹⁰⁰ *Ibíd.* Situación 1 b.

¹⁰¹ *Ibíd.* Situación 6

sabiendo que la lámina de zinc había sido dejada a la intemperie y no formó un óxido mecánicamente porque asumiera que en la reacción el zinc sufría un proceso de oxidación.

En esta dirección, se destaca el comienzo del proceso de conceptualización de representación química llevado a cabo por la estudiante y se arguye que el hecho de que se hayan presentado errores en la construcción de la ecuación pudo deberse a algunos vacíos conceptuales en cuanto a conceptos como nomenclatura, enlaces, fórmulas químicas, entre otros, que debieron haber sido abordados en grados anteriores y que no fueron objeto de la presente investigación.

Ya en el tercer y último momento de este estudio, se observó que la respuesta: *“En las reacciones químicas se pierde materia”*¹⁰² da cuenta de que, el proceso de conceptualización inicial en este sentido, presentó algunas dificultades, por cuanto se encontró que volvió a recurrirse a la concepción de que en las reacciones químicas se pierde materia, dado que la situación en mención proponía un asado y preguntaba por la masa del carbón, antes y después de dicho evento, con lo cual se asume que para la estudiante se tornó difícil reconocer que después de dicha reacción química pudiese conservarse la masa del carbón, ya que visualmente era notable su desaparición. En términos generales, es comprensible dicha proposición, ya que ésta suele ser una de las situaciones más difíciles para que un estudiante reconozca que en las reacciones químicas no hay pérdida ni ganancia de masa, sino una conservación de la misma. Así pues, es prudente afirmar que en este caso, en lo referente a la conservación de la masa, durante la investigación, tuvo lugar un proceso de conceptualización inicial en el que se encontraron algunos obstáculos que, en general, hacen parte del proceso de

¹⁰² Ibíd. Situación 5

interiorización del concepto de reacción química y que en la medida de que son superados o no dan cuenta de los niveles de conceptualización adquiridos.

6.2.8. CASO H

CUADRO 9
INVARIANTES OPERATORIOS CASO H

MOMENTO 1		MOMENTO 2		MOMENTO 3	
SITUACIONES: 1, 2, 3 a. b., 4		SITUACIONES: 1 a. b., 2, 3, 4 a. d. f., 5 a.		SITUACIONES: 1 a. b., 2 a. b., 3, 5 a. b. c., 6.	
TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> ⊕ El cambio físico es un proceso en el que se evidencian cambios en los materiales a nivel macroscópico, pero éstos siguen siendo los mismos materiales. ⊕ El cambio químico es un proceso en el que se juntan varios elementos y que está relacionado con la oxidación en la que actúa el oxígeno. ⊕ La reacción química se da en un proceso de interacción entre seres. ⊕ Para que exista el mismo número de átomos en reactivos y productos debe seguirse un proceso en el que se realizan multiplicaciones y divisiones y finalmente se extraen los índices. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Cambios macroscópicos del material: cambio de textura, cambio de color ⊕ Oxidación ⊕ Conservación del material (Sigue siendo la misma sustancia) ⊕ Unión (juntar) de varios elementos ⊕ Interacción entre seres ⊕ Órganos de los sentidos ⊕ Índices ⊕ Multiplicación ⊕ División 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ El cambio químico es un proceso en el que se combinan e intercambian sustancias y está relacionado con el proceso de oxidación en el que actúa el oxígeno. ⊕ En los cambios físicos los materiales siguen siendo los mismos. ⊕ Cuando las sustancias se dejan a la intemperie se oxidan y se produce una reacción química. ⊕ En las ecuaciones químicas pueden identificarse reactivos, productos, subíndices y coeficientes. ⊕ En una reacción química se conserva la masa porque hay el mismo número de elementos en los reactivos y en los productos. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Conservación del material (Sigue siendo la misma sustancia) ⊕ Oxidación ⊕ Unión (juntar) de varios elementos ⊕ Intercambio de sustancias ⊕ Combinación de sustancias ⊕ Intemperie ⊕ Evidencias físicas de una reacción química: ⊕ Debilitamiento ⊕ Cambio de color ⊕ Reactivos ⊕ Productos ⊕ Coeficientes ⊕ Subíndices ⊕ Conservación de la masa 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ El cambio químico es un proceso en el que se juntan varios elementos. ⊕ En los cambios físicos es posible evidenciar cambios de textura. ⊕ Las reacciones químicas pasan por procesos de oxidación. ⊕ Se asocian las sustancias químicas presentadas en las situaciones con sus correspondientes símbolos químicos. ⊕ En las reacciones químicas las sustancias pierden materia. ⊕ Las ecuaciones químicas se balancean para cumplir con la ley de la conservación de la masa. 	<ul style="list-style-type: none"> ⊕ Elementos ⊕ Unión (juntar) de varios elementos ⊕ Cambio de textura ⊕ Oxidación ⊕ Ley de la conservación de la masa ⊕ Pérdida de materia ⊕ Balanceo químico ⊕ Ecuación química

6.2.8.1. Momento 1

Al analizar los tópicos asociados a la red conceptual del concepto de reacción química en el caso H, se encuentra que en cuanto a la diferencia entre el cambio físico y el cambio químico, la estudiante plantea que, por ejemplo, al mezclar mantequilla y azúcar ocurre un cambio físico *“porque sólo cambia la textura, más sigue siendo azúcar y mantequilla”*¹⁰³, así como ocurre un cambio físico al estirar un resorte *“porque sólo cambia el largo, más sigue siendo el mismo material”*¹⁰⁴, con lo cual es posible observar que el conocimiento-en-acción inicial presentado en relación al cambio físico es que éste es un proceso en el que se evidencian cambios en los materiales a nivel macroscópico, es decir, cambios en la forma, la textura, el color y otras características externas de los materiales, pero éstos siguen siendo los mismos materiales. Ahora bien, la brevedad de la expresión *“sigue siendo el mismo material”*, aún cuando es utilizada de forma reiterativa, no permite dar cuenta del sentido en el que es asumido por la estudiante en este primer momento de la investigación, se esperaría que con ella se estuviese haciendo algún tipo de referencia a la composición química de los materiales que no se ve alterada aún cuando éstos experimenten cambios en su forma y textura, sin embargo, hasta aquí no es posible ahondar en dicho supuesto.

Volviendo ahora al cambio químico, durante el primer momento, se encuentran respuestas como las siguientes: *“en la corrosión del hierro se presenta un cambio químico porque se oxida y actúa el oxígeno en el hierro”* y *“en la formación del arco iris se evidencia un cambio químico porque se juntan todos los gases”*¹⁰⁵, respuestas en las que se vislumbran claramente los teoremas-en-acción utilizados por la estudiante en este sentido. De esta manera, se halla que para ella el cambio

¹⁰³ Anexo 2. Momento 1. Situación 1.

¹⁰⁴ *Ibíd.* Situación 1.

¹⁰⁵ *Ibíd.* Situación 1.

químico es un proceso en el que se juntan varios elementos y, además, es un proceso relacionado con la oxidación en la que actúa el oxígeno. Dentro de estos conocimientos-en-acción iniciales, sin embargo, por la brevedad de las respuestas tal y como ocurrió con el cambio físico, no es posible evidenciar a qué se hace referencia con los conceptos de “elemento” y “oxidación” y si, en efecto, éstos son comprendidos por la estudiante o si se trata de términos usados de forma indiscriminada y mecánica, al igual que no es posible advertir de qué forma ella propone que se da la “unión” entre dichos elementos. De forma general, en este momento se percibe la no relación de los conceptos en mención con las concepciones químicas científicamente aceptadas.

Siguiendo con el significado de reacción química como otro de los conceptos de la red conceptual trabajada en esta investigación, en el primer momento del estudio se encuentra que para esta estudiante *“las reacciones químicas es lo que pasa después de que dos seres interactúan, esto pasa por medio de los sentidos como, por ejemplo, cuando tocamos, olemos, sentimos”*¹⁰⁶. Su conocimiento-en-acción inicial asociado a las reacciones químicas es, entonces, que éstas se dan en un proceso de interacción entre seres en el que, además, la percepción se constituye en un aspecto sumamente importante.

Continuando ahora con la representación química como el tercer concepto asociado a la red conceptual de reacción química, cabe destacar que en el primer momento de la investigación, la estudiante no presenta ningún teorema-en-acción relacionado con el tópico en mención, es decir, la situación propuesta no provocó en ella la evocación de ningún esquema de pensamiento para dar respuesta a lo que se le preguntaba.

¹⁰⁶ Ibíd. Situación 2.

En torno al último tópico a analizar dentro de la red conceptual de reacción química, la conservación de la masa, se halla en el primer momento de la investigación que al proponérsele una situación en la cual se le pregunta qué haría para que el número de átomos de los reactivos de la ecuación presentada fuera el mismo número de átomos de los productos, la estudiante respondió: *“Primero multiplicamos el $Fe + O_2$ por dos, pero como nos da $2FeO_4$, lo dividimos por dos y sacamos todos los índices, así nos da FeO ”*¹⁰⁷. La anterior, sin lugar a dudas, es una respuesta un poco ambigua pero que, en términos generales, da cuenta de que para ella la conservación de la masa esta relacionada con un proceso numérico en el que deben llevarse a cabo operaciones matemáticas como multiplicaciones y divisiones para mantener en los reactivos la misma cantidad de átomos que en los productos, sin que pueda vislumbrarse si, en efecto, se comprende a qué hace referencia dicha conservación de la masa. Ahora bien, éste como su conocimiento-en-acción inicial en relación a la conservación de la masa, aún no da cuenta de una aproximación a las concepciones científicamente aceptadas desde la química.

6.2.8.2. Momento 2

En este mismo orden de ideas, ya en el segundo momento del estudio, se observa que la estudiante responde, por ejemplo, que el hecho de que el aluminio sea un metal plateado brillante que se derrite a $660^{\circ}C$ es un cambio físico *“porque aunque éste se derrita, sigue siendo la misma sustancia”*¹⁰⁸, así como se trata de un cambio físico cuando este mismo metal es pulido de manera que su volumen disminuye *“porque se está hablando de algo sólido que aunque cambie de*

¹⁰⁷ Ibíd. Situación 3.

¹⁰⁸ Anexo 2. Momento 2. Situación 2.

*volumen no cambia de sustancia*¹⁰⁹. De acuerdo con dichas respuestas, se halla que la estudiante, en este punto de la investigación, continúa presentando el mismo teorema-en-acción del momento anterior, aquel en el que proponía que aún cuando los materiales experimenten cambios en su forma, tamaño, volumen, color, etc, continúan siendo los mismos materiales; denotándose aquí sólo una variación, el cambio del término “material” por el término “sustancia”. No obstante, dicho cambio en la terminología empleada parece no deberse a un proceso de interiorización del concepto de sustancia y su pertinencia dentro del contexto, sino, más bien, parece que se debe, simplemente, a una forma alternativa de redactar su respuesta, dado que la brevedad de sus respuestas, una vez más, no permite vislumbrar mucho más de aquello plasmado en sus palabras y aquello a lo que se refiere, en realidad, con las mismas. Pese a que ya en este segundo momento del trabajo había tenido lugar un proceso de intervención pedagógica, la expresión “*siguen siendo los mismos materiales (o sustancias)*” no da cuenta de que se estuviese hablando de la composición química de los materiales involucrados en las situaciones propuestas o, en su defecto, de un argumento sólido que permita descartar que esta expresión sea utilizada de forma mecánica y sin comprenderla en un sentido químico.

En cuanto al cambio químico, en este momento de la investigación, la estudiante afirma que “*al combinarse el vinagre con el bicarbonato ocurrió un cambio químico porque se intercambiaron sustancias*¹¹⁰”, con lo cual puede advertirse una variación en la forma como ella presenta el cambio químico, es decir, ya no utiliza el término “juntar elementos” sino “combinar sustancias”. Sin embargo, de forma general es evidente que dicho cambio en la terminología empleada se traduce en un cambio en las concepciones en mención, por cuanto el teorema-en-acción utilizado es casi el mismo teorema-en-acción inicial, exceptuando este par de

¹⁰⁹ Ibíd. Situación 2.

¹¹⁰ Ibíd. Situación 4 d.

términos. Al igual que en las anteriores respuestas, en este punto, la brevedad y poca profundidad de las mismas se constituye en argumento para evidenciar que la estudiante realmente no comprende a lo que hace referencia un elemento y una sustancia desde el punto de vista químico, así como que el cambio del concepto “juntar” por el concepto “combinar” representa una modificación o cambio en la concepción de la forma cómo se reordenan químicamente las moléculas dentro de los cambios químicos. Ahora bien, en relación al cambio químico, se nota, también, que la estudiante continúa afirmando casi de la misma manera que en el primer momento del estudio, que éstos son procesos relacionados con la oxidación, en la cual actúa el oxígeno. Así pues, no se evidencian cambios en esta dirección y nuevamente es importante preguntarse hasta qué punto comprende el significado del concepto de oxidación y por qué razones se torna tan reiterativa en que en la oxidación actúa el oxígeno, sin destacar ningún otro evento asociado a este proceso o explicar de qué forma concreta es que actúa o participa este elemento químico.

Ahora bien, ya en el segundo momento de la investigación, luego de haber tenido lugar el proceso de intervención pedagógica, se halla que la estudiante ya no relacionaba a la reacción química con interacciones entre seres o con procesos sensorio-perceptivos, sino que en este punto, para ella las reacciones químicas están directamente asociadas a la oxidación como proceso que se presenta cuando un elemento es dejado por algún tiempo a la intemperie, así pues su respuesta: *“Con las láminas de zinc ocurre una reacción química, en la cual muestra que si dejamos un elemento a la intemperie, éste se oxida”*¹¹¹, da cuenta, una vez más de la importancia otorgada a la oxidación, tal y como sucedía con el cambio químico, el cual, asimismo, era relacionado con este proceso. En este sentido, puede observarse que el concepto “oxidación” sigue siendo un destacado e

¹¹¹ Ibíd. Situación 1 a.

reiterativo concepto-en-acción que se constituye en una relevante representación para explicar todo lo referente a los cambios químicos o reacciones químicas. Además, en dicha respuesta puede evidenciarse un aspecto más que ya había sido mencionado en repetidas ocasiones por la estudiante, el uso del concepto “elemento”, el cual, como se observó en el análisis del cambio químico, parece ser empleado de forma mecánica, sin que éste posea un significado concreto desde la química, ya que como se vio anteriormente, ella sin mayores inconvenientes puede reemplazarlo por el concepto de “sustancia”, lo cual hace parte sólo de un cambio en la terminología utilizada en las respuestas y no un cambio en las concepciones interiorizadas a lo largo de la investigación.

En este punto, es importante señalar que en relación con la representación de las reacciones químicas, se evidencia una adecuada identificación, por parte de la estudiante, de las partes principales de una ecuación química, dando lugar a la diferenciación entre cada una de ellas y a la interiorización de su funcionalidad.

Más adelante, se encuentra que la estudiante responde a la situación propuesta, afirmando que *“en la reacción química que ocurre entre el vinagre y el bicarbonato de sodio se conserva la masa porque en sus reactivos hay el mismo número de elementos que en los productos, además porque esta ecuación está balanceada”*¹¹², respuesta en la que se vislumbra una concepción cercana al concepto de conservación de la masa. En esta respuesta fue posible evidenciar un asunto que fue reiterativo durante todo el proceso seguido por esta estudiante, nuevamente ella se refiere a las sustancias presentes en las reacciones químicas como “elementos”, tal y como lo manifestaba en el cambio químico y las reacciones químicas, lo cual permite entrever que éste se constituye en un

¹¹² Ibíd. situación 2 f.

concepto-en-acción sumamente eficaz para ella, evocado para dar solución a la gran mayoría de las situaciones propuestas.

6.2.8.3. Momento 3

Finalmente, con respecto al cambio físico en el tercer y último momento de la investigación, se encuentra la siguiente respuesta: *“cuando comemos algo y la comida llega a la faringe, cambia de textura, lo que se convierte en un cambio físico”*¹¹³, la cual confirma lo que venía analizándose en los momentos anteriores, la estudiante estima que dentro de los cambios físicos sólo se manifiestan cambios macroscópicos, como cambios de textura, color, tamaño, entre otros, sin embargo, en dicha proposición no se evidencia referencia alguna de que las características composicionales de los materiales que experimentan los cambios físicos permanezcan inalteradas. Así pues, puede afirmarse que la estudiante no presenta cambios en su conocimiento-en-acción inicial con relación al cambio físico, en este momento final de la investigación continúa respondiendo a las situaciones propuestas de la misma manera que lo hacía en el primer momento del estudio.

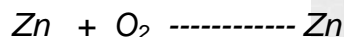
Asimismo, se encontró que la estudiante se refería nuevamente al cambio químico como un proceso en el que se juntan varios elementos, haciéndose evidente que no hubo cambios en su conocimiento-en-acción inicial presentado en este sentido y la confirmación de la idea expuesta en líneas anteriores de que la utilización de los conceptos “combinación” y “sustancias” se daba de forma mecánica y sin comprenderse su significado químico. Así pues, puede afirmarse en este punto

¹¹³ Anexo 2, momento 3, situación 3

que la estudiante no presentó cambios en ninguno de sus conocimientos-en-acción sobre los cambios químicos y los cambios físicos.

En el momento final de este trabajo, puede concluirse que, una vez más, la estudiante relaciona las reacciones químicas y los cambios químicos con los procesos de oxidación de tal forma que, por ejemplo, plantea que *“para que la luciérnaga hembra emita la luz y pueda atraer a los machos, respira oxígeno, esto oxida la luciérnaga, lo que hace que emita luz”*¹¹⁴, respuesta que da cuenta de que para ella, necesariamente, para que ocurra una reacción química debe tener lugar un proceso de oxidación, de tal forma que si este proceso no ocurre tampoco sucederá la reacción química. Sin embargo, es claro que la estudiante no comprende el proceso de oxidación y utiliza esta expresión de forma mecánica como en el caso de los conceptos “elemento” y “sustancia”, porque la poca profundización que hace en este sentido, indica su poca apropiación y claridad. Así pues, se concluye que la estudiante sólo concibe las reacciones químicas como aquellos procesos en los que tiene lugar la oxidación, dejando de lado todos los otros tipos de reacciones químicas en las que no suceden oxidaciones.

En cuanto a la representación de las reacciones químicas, se notó que la estudiante reafirma lo planteado en el momento anterior en este sentido, sobre todo, cuando se le solicita que represente químicamente la reacción química que tiene lugar para que las láminas de zinc del techo del corral de gallinas dejen filtrar el agua y estas aves se mojen¹¹⁵, y su representación química fue la siguiente:



¹¹⁴ Ibíd. Situación 1 b.

¹¹⁵ Ibíd. Situación 6

Representación que, de hecho, se constituye en una representación química adecuada y de conformidad con las concepciones científicamente aceptadas en este sentido. Ahora bien, al observar dicho planteamiento no es difícil notar, nuevamente, la referencia que se hace en torno a la oxidación como proceso indispensable dentro de las reacciones químicas, con lo cual cabe preguntarse, si la estudiante hubiese representado igualmente de forma correcta una reacción química diferente a la presentada en la que no tuviese lugar una oxidación, dado que como se vio anteriormente, para ella, es a través de la oxidación que las reacciones químicas pueden producirse.

Finalmente, en el último momento de la investigación se encontró que esta estudiante, pese a que afirma al igual que en el momento anterior, que las ecuaciones químicas se balancean para cumplir con la ley de la conservación de la masa, no logra conceptualizar, realmente, el concepto de conservación de la masa puesto que con la siguiente respuesta: *“no es posible afirmar que la masa del carbón se ha conservado después de haber hecho el asado, porque tiene un menor volumen, peso y dimensión”*¹¹⁶, da cuenta de que aún en este último momento, después de todo el proceso llevado a cabo, estima que en las reacciones químicas las sustancias pierden materia. Así pues, puede afirmarse que, en general, su respuesta orientada a que las ecuaciones químicas deben balancearse para cumplir con la ley de la conservación de la masa, fue utilizada de forma mecánica, sólo para el desarrollo de los ejercicios de clase, y sin traducirse en la comprensión e interiorización del concepto en mención.

¹¹⁶ Ibíd. Situación 5

6.3. Puntos De Encuentro En Los Casos Analizados

6.3.1 Puntos De Encuentro Iniciales

CATEGORÍA DE ANÁLISIS	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	CASOS
<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio físico y cambio químico ✚ Reacción química ✚ Ecuación química ✚ Conservación de la masa 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ En un cambio físico se presenta cambio de forma en los materiales u objetos, pero esta es recuperado nuevamente. ✚ En un cambio físico la temperatura influye para que se produzcan los cambios de forma, enunciados por ellos como cambios de estado. ✚ En un cambio físico o químico la composición es entendida como las partes macroscópicas o material del que esta hecho un objeto o sustancia. ✚ En un cambio químico hay una conversión total en la apariencia. ✚ Un cambio químico y una reacción química se relacionan porque hay producción de nuevas sustancias que no pueden volver a su forma original. ✚ Cuando los materiales cambian de forma y volumen la masa se pierde. ✚ No reconocen una representación submicroscópica del comportamiento de la materia para que se generen reacciones químicas, ni la representación propia del lenguaje químico, como es la ecuación química. 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Cambio de forma ✚ Composición ✚ Forma original ✚ Nuevas sustancias ✚ La masa se pierde 	<ul style="list-style-type: none"> ✚ A ✚ B ✚ C ✚ D ✚ E ✚ F ✚ G ✚ H

Como se deja ver y según indica Vergnaud, los conocimientos-en-acción iniciales no siempre están acordes con los significados científicos ya que generalmente se construyen desde un sistema de percepción visual, el cual es relevante en la construcción de conocimientos en los estudiantes, de ahí deriva la dificultad de enfrentarse a situaciones, que requieren el uso de entidades abstractas o sensorialmente no accesibles como lo que sucede en el campo conceptual de la reacción química.

De otro lado, hay que reconocer que estos conocimientos-en-acción iniciales pueden ser susceptibles a un proceso de maduración, pues la teoría de los campos conceptuales parte desde una perspectiva progresiva y no sustitutiva de esas concepciones previas, con base en lo anterior y analizando el proceso de

enseñanza y aprendizaje se determinó si hubo o no cambios de los conocimientos-en-acción iniciales, del concepto de reacción química.

6.3.2 PUNTOS DE ENCUENTRO FINALES

CATEGORÍA DE ANÁLISIS	SUBCATEGORÍA	TEOREMAS-EN-ACCIÓN	CONCEPTOS-EN-ACCIÓN	CASOS
Cambio físico y cambio químico	Diferencia entre un cambio físico y un cambio químico	En un cambio físico se conserva la composición de las sustancias	✚ Composición	✚ A ✚ B ✚ E
		En los cambios físicos se presentan cambios de estado y mezclas	✚ Cambios de estado ✚ Mezclas	✚ B ✚ D ✚ F ✚ G
		En un cambio químico ocurre una reacción química cuando se combinan o enlazan ciertas sustancias para dar origen a otras nuevas	✚ Reacción química ✚ Nuevas sustancias ✚ Enlace ✚ Combinación	✚ A ✚ B ✚ D ✚ E ✚ G
		En un cambio químico se producen cambios en la composición, cuando ocurren choques entre las sustancias	✚ Cambios de composición ✚ Choques de sustancias	✚ A ✚ G
	No diferencia entre un cambio físico y un cambio químico	**En un cambio físico la materia sufre cambios de forma, textura y apariencia, pero vuelve a su estado original	✚ Materia ✚ Textura ✚ Forma ✚ Apariencia ✚ Estado original	✚ C ✚ F ✚ H
Reacción química	Significado de la reacción química	La reacción química es un proceso en el que las sustancias se atraen, chocan y combinan, para producir nuevas sustancias con propiedades diferentes	✚ Atracción ✚ Choque ✚ Combinación ✚ Propiedades diferentes	✚ A ✚ G ✚ E
		**En una reacción química las sustancias iniciales (reactivos) se combinan o mezclan para dar origen a nuevas sustancias (productos)	✚ Sustancias iniciales ✚ Nuevas sustancias ✚ Combinación ✚ Mezcla	✚ B ✚ C ✚ D ✚ E
		**Se produce una reacción química solamente cuando las sustancias se dejan a la intemperie y se oxidan	✚ Oxidación ✚ Intemperie	✚ H
		**Se produce una reacción química cuando las sustancias cambian de estado y siguen siendo las mismas sustancias	✚ Cambios de estado	✚ F
Ecuación química	Representación de la reacción química	En la ecuación química se distinguen reactivos, productos y otros símbolos químicos (+, →)	✚ Reactivos ✚ Productos ✚ Símbolos	✚ Todos los casos
		A través del balanceo de una ecuación química puede comprobarse la conservación de la masa	✚ Conservación de la masa	✚ C ✚ D ✚ F ✚ G ✚ H
Conservación de la masa	La masa se conserva	La conservación de la masa es un equilibrio de cantidades de sustancias que deben presentarse entre los reactivos y los productos en una reacción química	✚ Equilibrio de cantidades ✚ Reactivos ✚ Productos	✚ C ✚ D
		La ley de la conservación de la masa se evidencia empleando los números de oxidación	✚ Números de oxidación	✚ A
	La masa no conserva	**En una reacción química la masa de las sustancias no se conserva porque éstas cambian macroscópicamente	✚ Cambios macroscópicos	✚ B ✚ E ✚ F ✚ G ✚ H

** Concepciones presentadas por los estudiantes que distan de las concepciones científicamente aceptadas

6.4. Algunos Obstáculos En El Proceso De Conceptualización

Es importante destacar que los aspectos relevantes que obstaculizan los procesos de conceptualización de reacción química en los estudiantes que participan en este estudio, son abordados desde las siguientes perspectivas: conceptual, cognitiva y contextual.

En este sentido, en cuanto a lo **conceptual**, puede afirmarse que los estudiantes utilizan de forma indiscriminada y desde un referente macroscópico, conceptos como sustancia, elemento, compuesto, masa, mezcla, partícula y combinación. Así, por ejemplo, entienden elemento como cualquier tipo de sustancia, material u objeto, y con el compuesto hacen alusión al material del que está elaborado dicho objeto, sin hacer referencia a una composición química de éste sino a sus características físicas como forma, textura, tamaño y color. De igual manera, la masa es relacionada con el volumen, forma y apariencia que presentan los cuerpos y sustancias, considerando que con la variación de dichas propiedades la masa se pierde o desaparece. Asimismo, emplean los términos partícula, molécula y átomo indistintamente como partes macroscópicas en las que se dividen los objetos, en tanto que los términos de enlace, combinación y mezcla son utilizados como sinónimos refiriéndose a unir, juntar y reunir. Según Vergnaud "muchas de las concepciones erróneas de los alumnos derivan del hecho de que ellos atribuyen a ciertas palabras usadas en ciencias para representar conceptos, el mismo significado que atribuyen a esas mismas palabras diariamente. Inclusive, de una ciencia a otra, los significados de una misma palabra pueden ser distintos, pero el alumno puede no captarlos como distintos" (Moreira, 2002).

En relación a lo anterior entonces, puede afirmarse que los estudiantes mas que poseer falencias con respecto al lenguaje que usan para argumentar sus

respuestas, presentan dificultades en el ámbito conceptual, debido a que vienen de un proceso de aprendizaje en el que los conceptos son abordados de manera fragmentada y aislada, razón por la cual no establecen relaciones, vínculos o filiaciones que permitan evidenciar un dominio conceptual cercano a los conocimientos científicos y no a aprendizajes mecánicos y memorísticos.

En esta misma perspectiva, desde lo simbólico, se observa otra dificultad concerniente a la representación de la reacción química, pues aunque se logra percibir cambios en la forma como se estructura la ecuación química, no se advierte una comprensión real de lo que sucede en dicho proceso y la funcionalidad de ésta como una manera abreviada de expresar un cambio químico a través de símbolos y fórmulas.

Es importante recordar que durante la presente investigación el proceso de intervención pedagógica fue encaminado desde la reciente organización epistémica de la química¹¹⁷, en el nivel molecular; dimensión tiempo, teniendo como referente la teoría de las colisiones para explicar los mecanismos moleculares de la reacción química. Bajo este enfoque, se encuentra que a los estudiantes se les dificulta aproximarse a este nivel, debido a la falta de comprensión de las dinámicas internas de la materia, entendiéndose como las representaciones discontinuas de la misma, pues se les hace más fácil el abordaje desde un nivel macroscópico porque en él se involucran experiencias perceptivas y tangibles, mientras que en el nivel submicroscópico se requiere de mayor inferencia, análisis y abstracción.

En consecuencia, a pesar de que se implementó esta nueva propuesta de trabajo para el concepto de reacción química, los estudiantes no logran mostrar una

¹¹⁷ Organización propuesta por William B. Jensen en 1998, ver cuadro 1. División de la estructura lógica de la química.

evolución en el desarrollo de este tipo de representación, por el contrario se quedan en la memorización de definiciones que no les evocan significados relevantes desde la química, asociándolas con conocimientos cotidianos que les son más funcionales para comprender el mundo.

Por otra parte, desde una perspectiva **cognitivista** se encuentra que a los estudiantes se les complejiza hacer explícitos sus pensamientos, pues como lo señala Moreira “estos conceptos y conocimientos son implícitos y prácticamente no susceptibles de explicitación por parte de un niño en las fases iniciales del aprendizaje de competencias” (Moreira, 2002), pues darse a entender a través de la argumentación no es una habilidad fácil para el ser humano ya que implica jerarquizar y organizar ideas en la estructura cognitiva de forma tal que se evidencie una coherencia entre lo que se piensa y lo que se dice.

Uno de los aspectos más relevantes a la hora de argumentar es llevar a cabo un trabajo consciente, el cual implica una acción analítica, dado que no se trata de escribir por escribir o hablar por hablar. Sin embargo, se deja ver que los estudiantes cuando hablan y escriben, no tienen conciencia de algunas operaciones mentales como analizar, proponer, comprender, crear, relacionar, interpretar, contrastar, inferir, abstraer, entre otras, las cuales influyen de manera determinante en los cambios de los conocimientos-en-acción durante los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Asimismo, se observa que los estudiantes son poco creativos a la hora de resolver situaciones problema e incluso evitan las tareas cuando no tienen conocimientos-en-acción cercanos a los conceptos científicos que les facilite el abordaje de las mismas, se les dificulta el pensamiento de carácter crítico y el buen manejo de la información ya que no tienen la habilidad de establecer relaciones y abstracciones

conceptuales, lo que se constata cuando responden citándose a los enunciados de forma poco significativa y mecánica.

Ahora bien, el hecho de que se aprecie un trabajo memorístico por parte de los estudiantes, no quiere decir necesariamente que ellos tengan vacíos cognitivos, por el contrario, poseen una cantidad de conocimientos-en-acción al margen de los conceptos reales de la química en los cuales hay que seguir trabajando mediante el empleo de situaciones problema que permitan la complejización tanto conceptual como a nivel del desarrollo de habilidades o estructuras superiores de pensamiento.

Finalmente, en cuanto al **contexto** en el que se desarrolló esta investigación es pertinente reconocer algunos aspectos que también contribuyeron a obstaculizar el proceso inicial de conceptualización de reacción química.

Así pues, desde el diseño curricular de la institución se observa que el cronograma donde se inscribe el plan de área de Ciencias Naturales está dividido en cuatro unidades temáticas que se refieren a biología, ecología, física y química, para cada una de las cuales se destina un tiempo aproximado de tres meses, período en el cual se llevó a cabo la intervención pedagógica de este estudio. En este punto, el tiempo de aplicación de la propuesta se constituye en un factor limitante para el logro de los objetivos trazados, porque como bien se ha reiterado a lo largo de este trabajo, la conceptualización es un proceso largo, difícil y lento que puede llevar años y que se adquiere a través de la experiencia, razón por la que en estos tres meses de intervención pedagógica no fue posible reconocer grandes movilizaciones conceptuales, ya que como el mismo Vergnaud señala “no se puede esperar que un alumno domine un campo conceptual como el de la Termodinámica, por ejemplo, a través de una o dos unidades didácticas desarrolladas a lo largo de dos o tres meses” (Moreira, 2002).

Haciendo alusión a las ideas expuestas en líneas atrás, cabe señalar, que la relación entre las dinámicas de la institución y la labor de docente y, al mismo tiempo de investigador, se convierte en otro aspecto restrictivo, ya que es difícil llevar a cabo las tareas y alcanzar las metas propuestas, puesto que ambos quehaceres requieren de unas condiciones y exigencias específicas para su desarrollo, como tiempos, espacios y una formación idónea, además de que cada uno persigue un objetivo diferente, sin negar que en muchas ocasiones la investigación y la docencia aportan elementos valiosos una a la otra.

CAPÍTULO 7

CONCLUSIONES

El diseño y aplicación de las situaciones problema demanda no sólo tiempo y esfuerzo sino, y sobre todo, amplio dominio conceptual por parte de los docentes que deseen implementar éstas en los procesos de conceptualización con sus estudiantes.

El presente trabajo no buscaba dar cuenta de un proceso acabado de conceptualización sino de un proceso inicial de conceptualización, a lo cual se contribuyó en la medida en que se proporcionó a los estudiantes bases conceptuales que les permitirá continuar sus procesos de conceptualización, en cursos posteriores, con mayor nivel de profundidad.

La teoría de los Campos Conceptuales se constituye en un importante marco de referencia para leer las conceptualizaciones y niveles de comprensión de los estudiantes, posibilitando a los docentes evidenciar las fortalezas y los obstáculos que subyacen a sus procesos de conceptualización.

En relación a la red de base conceptual tenida en cuenta para el proceso inicial de conceptualización de reacción química, se concluye que los conocimientos-en-acción iniciales no estaban enmarcados dentro de las representaciones científicas aceptadas, sin embargo los estudiantes utilizaban términos propios del lenguaje científico sin la apropiación pertinente de los mismos, solo en algunos casos sus significados llegaban a tener una leve correspondencia con la teoría, pues no es de negar que los estudiantes traen un bagaje conceptual de años anteriores e

información proporcionada por diferentes fuentes, que les permite establecer relaciones con éstos conocimientos.

Frente a los conocimientos-en-acción iniciales y finales del caso A, se logra observar un cambio importante, pues el estudiante empieza acercarse a la comprensión de las dinámicas implicadas en el concepto de la reacción química, además de realizar filiaciones pertinentes con los conceptos de la red implementada para trabajar dicho concepto. Esto se hace evidente porque el estudiante reconoce los tres niveles de representación de la materia, entendiendo que es en el nivel submicroscópico donde se presenta el mecanismo de la reacción la cual involucra la intervención de unos reactivos, en los que se producen choques que permiten el rompimiento de enlaces y la formación de otros a partir de la interacción de los electrones de valencia desencadenando en la producción de nuevas sustancias, asimismo identifica que la masa debe conservarse en una reacción química y para dar cuenta de esta ley emplea los números de oxidación como método de balanceo.

En cuanto al caso B, se puede decir que no hubo un cambio destacable de sus conocimientos-en-acción iniciales, pues su concepción de reacción química, aunque esté expresada en términos científicos, el estudiante no deja claro que comprende lo que está pasando realmente en el proceso, ya que para él en la reacción la combinación y enlace son sinónimos de juntar o unir como en una mezcla y en ninguna de sus explicaciones habla de rompimiento y reorganización de enlaces que den cuenta de las dinámicas internas que permiten la formación de las nuevas sustancias. Este fue el sentido que el estudiante le dio al concepto trabajado desde el inicio hasta el final de la investigación.

Asimismo, se identificó que el estudiante no comprendió el papel que tiene la ley de la conservación de la masa dentro de las reacciones químicas, como tampoco

utilizo un método de balanceo para dar cuenta de esta ley; sin embargo, se logró evidenciar cambios en la representación de una ecuación química, pues en el momento inicial no explicitaba invariante alguno, claro está que en este tipo de representaciones su aprendizaje es memorístico y mecanicista lo que se convierte en un obstáculo para entender ese nivel molecular y el mecanismo del proceso de una reacción química.

En cuanto al caso C, se hace evidente que la estudiante presenta una serie de confusiones, que la llevan a establecer unas relaciones cognitivas poco fructíferas, como pensar que en un cambio físico y un cambio químico se generan nuevas sustancias, dejando claro con estas ideas que no se produjo un cambio cercano a los conocimientos científicos frente al concepto de reacción química, pues no reconoce lo que lo sucede en cada uno de los cambio en relación a la composición y propiedades químicas de las sustancias.

Dicho caso logró estructurar con base en lo propuesto la representación de la ecuación química, reconociendo así el lenguaje propio de la química y aunado a esto, la estudiante utiliza esta representación para dar cuenta de que en una reacción química se conserva la masa, ya que es necesario, según sus argumentos, que se equilibren las cantidades de las sustancias presentes tanto en los reactivos como en los productos.

En el caso D se observó que la estudiante logró cambiar sus conocimientos-en-acción con respecto a la representación simbólica propia de la química, debido a que reconoce los símbolos y fórmulas que entran en juego en este tipo de lenguaje, con el fin de expresar un cambio químico o reacción química, además esto le ha permitido reconocer que en una reacción química así se presenten nuevas sustancias la masa se conserva y las sustancias que intervienen también. Abandono la idea de que la masa se pueden perder si se presentan cambios en la

forma, con esto se esclarece que ya no se limita a explicar las situaciones problemas solo desde lo que pueda percibir a través de sus sentidos, sino que trata de comprender que se están produciendo otras dinámicas más internas y relevantes para que se den los cambios. Igualmente se identifico que empieza a precisar de una forma más acertada conceptualmente los términos de elemento, partícula y cambio físico.

Los cambios evidenciados en un tercer momento por el estudiante, caso E, se puede afirmar que entiende que un cambio químico es una reacción química, la cual ocurre tras la combinación de unas sustancias iniciales, por la acción de un choque entre éstas, proceso, a partir del cual, se obtienen sustancias nuevas. Además, reconoce que este fenómeno es representado por medio de una ecuación química, que al ser balanceada, permite conservar la masa de las sustancias, y por lo tanto, se cumpla la ley de la conservación de la masa, sin embargo lo evidencia desde un nivel matemático. Estos son cambios que permiten inferir que caso E, alcanza un acercamiento importante hacia algunos conocimientos científicos referentes a la red conceptual de la reacción química.

Con respecto a los cambios obtenidos por el estudiante, denominado caso F, se puede aludir a un avance a nivel teórico que le posibilita dar argumentos, por ejemplo, en cuanto a la reacción química, al balanceo de ésta, y la conservación de la masa, pues en esta última se evidencia desde un discernimiento matemático que permite la verificación de la ley de la conservación de la masa, Sin embargo, no logra establecer una relación con eventos cotidianos para el abordaje la red conceptual de la reacción química.

El caso G llevó a cabo un fructífero proceso de conceptualización inicial de reacción química, reconsiderándose la red conceptual asociada a dicho concepto, es decir, el cambio químico y el físico, el significado de la reacción química, la representación de la reacción química y la conservación de la masa,

observándose sólo un poco de dificultad en este último tópico. En este tercer momento de la investigación, se evidencia un menor empleo de los conceptos de composición y sustancia, sin embargo, en atención al proceso seguido por la estudiante, es posible afirmar que ésta no posee un dominio conceptual de ninguno de ellos y los menciona en sus respuestas de forma mecánica y memorística.

La estudiante H relaciona los cambios físicos con cambios macroscópicos, en tanto asume que en los cambios químicos y en las reacciones químicas el proceso de oxidación juega un papel determinante. En relación con la representación química de las reacciones químicas, se evidencia una correcta apropiación e interiorización de los conceptos asociados, sin embargo, en cuanto a la conservación de la masa se nota que continúa manifestando que en las reacciones químicas se presenta pérdida de materia.

CAPÍTULO 8

RECOMENDACIONES

Corresponde a los docentes que se inscriban bajo la línea cognitivista de la teoría de Campos Conceptuales diseñar, tanto desde lo cotidiano como desde lo formal de la química, una variedad de situaciones problema que se tornen más complejas a medida que se aborde la red conceptual pertinente para el proceso de enseñanza, con el fin de propiciar en los estudiantes el desarrollo de habilidades cognitivas que favorezcan los procesos de conceptualización. Por tanto, proponer una cantidad relevante de situaciones con un tiempo propicio para resolverlas, abre las posibilidades de recoger mucha más información, lo que, a su vez, permite identificar los conocimientos-en-acción iniciales que poseen los estudiantes, es decir, los teoremas y conceptos-en-acción que son funcionales para ellos.

Hay que tener cuidado igualmente con el lenguaje empleado en el aula desde el campo de la química, debido a que el mal uso de éste se torna inadecuado para un buen proceso de conceptualización, así pues como es ya sabido este lenguaje se va adquiriendo dentro de los procesos llevados a cabo en la interacción docente- estudiante; de esta relación al estudiante le corresponde ir trabajando en las situaciones propuestas y establecer filiaciones o por el contrario enfrentar unas rupturas conceptuales. En cuanto a la enseñanza de la química, el maestro debe adoptar una postura donde ésta no se siga impartiendo de forma transmisionista y memorística, por el contrario él debe tender a trabajar dentro de un campo conceptual.

Es de reconocer que el maestro en todo este proceso de conceptualización desempeña un papel de mediador, donde el lenguaje y símbolos que utiliza son fundamentales en los cambios de los conocimientos-en-acción de los estudiantes, de ahí que deba reflexionar constantemente sobre la sintaxis que emplea, dado que el uso inconsciente y transmisionista de la terminología propia de la química podría ocasionar obstáculos cognitivos y sesgar a los estudiantes a favor de las mismas.







Según lo anterior se ratifica que el papel mediador del docente en la organización del conocimiento y el desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior es fundamental, pues a éste le compete ocuparse de los conocimientos-en-acción previos que traen los estudiantes, analizarlos desde el discurso de la disciplina y, con base en éstos, diseñar situaciones pertinentes para la consolidación de conceptos con significados mas cercanos al conocimiento científico y que apliquen a la hora de resolver situaciones complejas.

Los docentes deben ser conscientes de la influencia que tienen en el desarrollo y fortalecimiento no solo de habilidades cognitivas, sino también del espíritu científico de los estudiantes y un buen proceso de conceptualización, “La instrucción es una de las fuentes principales de los conceptos infantiles, y también una fuerza poderosa en la dirección de su desarrollo; determina el destino de su evolución mental completa” (Vygotski, 1934, p. 123).

Por último, se recomienda realizar pruebas piloto con las situaciones que se plantean, para examinar detenidamente si la información que se recoge apunta a los objetivos trazados desde la investigación, de esta forma, se evitarán contratiempos a la hora de analizar los datos e identificar los conocimientos-en-acción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERT, María José. (2007). “La investigación educativa: claves teóricas”. Madrid. McGRAW-HILL. pp. 147, 179.
- ALZATE CANO, María Victoria; CABALLERO, Concesa; MOREIRA, Marco Antonio. (2006). “Multiplicidad funcional de la representación molecular: implicaciones en la enseñanza y aprendizaje de la química”. En: Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias. Año 1. Nº 2. pp. 1-26.
- ANDRES ZUÑEDA, María Teresa; PESA, María Azucena; MENESES, Jesús. (2006). “Conceptos-en-Acción y Teoremas-en-Acción de Estudiantes del Profesorado de Física: Ondas Mecánicas”. En: Revista de Investigación Nº 59. pp. 221-247.
- BARRIENTOS, Rafael. (2001). Ecuación química. Química para el desarrollo. México. pág. 257.
- BENSAUDE – VINCENT, Bernadette. (1991). “Lavoisier: una revolución científica”. En: Historia de las ciencias, M. Serres (Ed.), Madrid. pp. 410–435.
- CASADO, Graciela; RAVIOLO, Andrés (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. Vol. 10. pp. 35-43.

-  CASTILLEJOS S. Adela (2008). “Conocimientos Fundamentales para la Enseñanza Media Superior, una propuesta de la UNAM para su bachillerato. Universidad Nacional Autónoma de México”. Disponible en: www.cab.unam.mx/Con_Fun_2008/quimica.pdf
-  CHANG, Raymond. (2002). Química General. México. McGraw Hill. Séptima edición.
-  GALAGOVSKY, Lydia; RODRÍGUEZ, María Alejandra; STAMATI, Nora y MORALES, Laura. (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”. En: Revista Enseñanza de las Ciencias. Vol. 21. N° 1. pp. 107-121.
-  GALLEGO BADILLO, R.; PÉREZ MIRANDA, R. (2006). “El objeto de saber de los químicos, formulación, modificación y abandono del modelo icónico inicial”. En: Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 11. N° 3. pp. 365-381. Disponible en: www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID158/v11_n3_a2006.pdf.
-  JENSEN, William B. (1998). Logic, history, and the chemistry textbook. “Can we unuddle the chemistry textbook?” Journal of Chemical Education. Vol. 75. N° 7. pp. 963, 965.
-  JOHNSTONE, Alex H. (2000) “Teaching of chemistry - logical or psychological? In: Chemistry Education: Research and Practice in Europe”. Vol. 1. N° 1. pp. 9-15.

- ✚ MALONE, Leo. (2003). "Introducción a la química". Limusa Wiley S.A. pp. 461-466.
- ✚ MOREIRA, Marco Antonio. (2002). "La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área". En: Revista Investigaciones en Enseñanza de las Ciencias. Vol. 7. N° 1. pp. 2-29.
- ✚ PÉREZ GUZMÁN, Custodio; DE MANUEL TORRES, Esteban y FERNÁNDEZ DE HARO, Eduardo. (2005). "El concepto de reversibilidad química en la Educación Secundaria Obligatoria". En: Revista Enseñanza de las ciencias. Número extra. VII Congreso. pp. 1-5.
- ✚ PETRUCCI H, Ralph. (2003). Química general. Capítulo 2. "Los primeros descubrimientos químicos y la teoría atómica". Octava edición. Pearson Educación. Madrid. Pág. 34.
- ✚ RODRÍGUEZ, G.; GIL, J.; GARCIA, E. (1996). "Enfoques en la investigación cualitativa. Metodología de la investigación cualitativa. Granada: Aljibe. pp. 33-34, 92, 94.
- ✚ SCHNEIDERS NARDIN, Cláudia. "Uma abordagem metodológica de base científica num contexto tecnológico: um estudo de caso no ensino de reações entre compostos da química inorgânica". Resumo da dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Maria - Centro de Tecnologia - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Disponible en: www.liberato.com.br/upload/arquivos/0131010716072516.pdf

- ✚ SOLSONA, N.; IZQUIERDO, M.; de JONG, O. (2005). “Explorando el desarrollo de los perfiles conceptuales de los estudiantes acerca del equilibrio químico”. En: Revista Eureka sobre la Enseñanza y Divulgación de las ciencias. Vol. 2. N° 2. pp.269-271.
- ✚ STIPCICH, María S.; MOREIRA, Marco A.; CABALLERO, S. Concesa. “Las Situaciones de una Propuesta Didáctica sobre la Interacción Gravitatoria”. Tandil. Buenos Aires. pp. 61-75. Disponible en: www.fae.ufmg.br/abrapec/revistas/V5N2/v5n2a5.pdf
- ✚ STRAUS, A.; CORBIN, J. (2002). “Bases de la investigación cualitativa”. Capítulo 8: Codificación abierta. Medellín: Universidad de Antioquia. Pág. 124.
- ✚ VERGNAUD, Gérard. (1990). “Teoría de los Campos Conceptuales”. Recherches en Didactique des Mathématiques. Vol. 10. N° 2, 3. pp. 133-170.
- ✚ VYGÓTSKI, Lev Semyónovich. (1934). “Pensamiento y Lenguaje: Capitulo VI, El desarrollo de los conceptos científicos en la infancia”. Pág. 123.

ANEXOS

Anexo 1

Momento 1

Y TU ¿QUÉ SABES?

Según tus conocimientos responde a las siguientes situaciones:



1. Al hacer una fogata, observas un trozo de madera que se quema, puedes apreciar que al finalizar la combustión, las cenizas resultantes tienen una cantidad menor de masa y sientes que ha generado calor, o que se desprendido un gas de color negro.
 - a) ¿El desprendimiento de gas de color negro y la generación de calor, son evidencias de una reacción química? ¿Por qué?
 - b) Explica con tus palabras que procesos están ocurriendo en la situación descrita
 - c) ¿Crees que se conserva la masa?
2. ¿Sabes cómo se puede representar una ecuación química, y lo que sucede en ella? Ilústrala.
3. Juan salió de paseo y al pasar por cierto lugar se encontró con un pequeño charco, al regreso a casa, después de un día soleado observa que el agua del charco ya no está. ¿Qué opinas frente a la anterior situación, se presentó un cambio físico o un cambio químico? ¿Por qué?
4. Con tus palabras describe que significa para ti una reacción química.

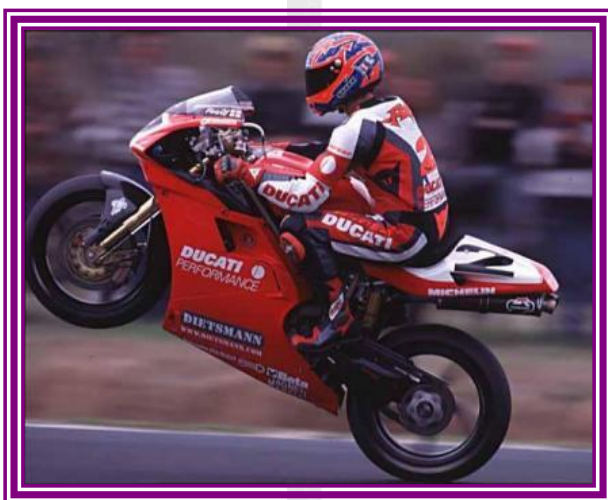
Momento 2

1. Tú mamá está haciendo unas deliciosas cremas y para ello deposita en la licuadora los siguientes ingredientes: leche, azúcar, esencia de vainilla, y pulpa de mora. Luego de licuar, obtiene un material liquido que las deposita en unos recipientes, los lleva a la nevera y los deja allí por 5 horas aproximadamente, pasado este tiempo estarás disfrutando de una rica crema.



- ¿Cuándo tu madre licuo todos los ingredientes qué crees que sucedió allí un cambio físico o un cambio químico?
- ¿Luego de llevar el recipiente a la nevera, qué paso con el material, le ocurrió un cambio físico o químico?
- ¿Es posible separar el material de la crema en sus ingredientes iniciales, después de que se licuó? Explica

2. Imagínate que tus papas te obsequiaron una moto y sales de paseo; observas que a través del mofle sale humo. Pasado 2 horas te quedas varado por que la moto no se mueve y te das cuenta que el tanque de gasolina esta vacío.



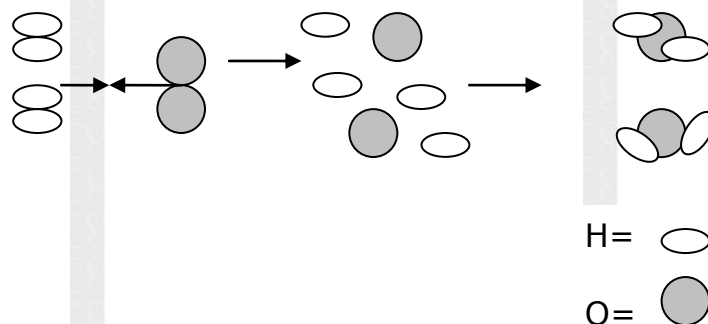
- ¿Qué paso con la gasolina?
- ¿Será que la gasolina contribuye para que la moto se mueva? ¿Cómo? Explícalo
- Crees que se dio un cambio físico o un cambio químico en la gasolina ¿Por qué?



3. Algunos investigadores forenses hacen uso frecuente de una sustancia llamada **luminol** para identificar si hay sangre (iones de hierro Fe^{++}) en lugares sospechosos. Cuando los iones de hierro se encuentran en este lugar se forma un compuesto quimioluminiscente, produciendo un resplandor en la oscuridad.

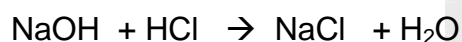
a. ¿Crees que se da algún tipo de reacción cuando se emplea el luminol en la identificación de sangre? Explica.

4. En la formación del agua reaccionan los elementos del hidrogeno y oxigeno, como se muestra en el esquema.

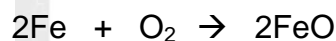


- Señala en la gráfica donde se encuentran los reactivos, producto y el complejo activado.
- Con tus palabras describe que esta sucediendo en cada momento del esquema anterior.
- Dibuja y nombra el tipo de enlace que corresponda.
- Escribe la ecuación de la reacción química anterior

5. La sal que consumimos diariamente se consigue de forma natural de los yacimientos de sal, como en la guajira, en las minas de sal de Manaure. También se puede obtener en el laboratorio. La siguiente ecuación muestra este proceso.



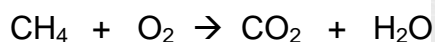
- a. ¿Qué productos se forman como resultado de la reacción? Nómbralos e identifícalos en la ecuación
- b. ¿Cuál es el nombre del compuesto que reacciona con el NaOH, y qué papel desempeñan ambos dentro de la reacción?
- c. ¿Qué clase de reacción se está representando? Justifica tu respuesta.
6. María José es una joven que le gusta jugar con las herramientas de su padre. Un día tomó los clavos de la caja de herramientas y los dejó regados en la ventana expuestos al aire. Al cabo de un tiempo, observó que estos cambiaron de color, cubriéndose con una capa de color rojizo oscuro con un aspecto de polvo, llamado **herrumbre**. La reacción que se produjo en los clavos es la siguiente:



- a. ¿Qué tipo de cambio han sufrido los clavos? ¿Cómo lo explicarías a partir de la ecuación anterior?
- b. Partiendo de los reactivos que se utilizan en la ecuación ¿Cuál es el nombre del producto final de la reacción?

c. Observa la ecuación dada ¿Crees que se cumple la ley de la conservación de la masa? Explica tu respuesta

7. El metano CH₄, (es un gas producto final de la putrefacción anaeróbica de las plantas, este proceso natural se puede aprovechar para producir biogás), durante la combustión se une con el oxígeno del aire para producir dióxido de carbono y vapor de agua. La ecuación respectiva se escribe así:



a. Cuando se analiza el número de átomos iniciales versus el número de átomos finales para ver si cumple con la ley de la conservación de la masa se identifica que:

Elemento	Nº de átomos de los reactivos	Nº de átomos de los productos
C		
H		
O		

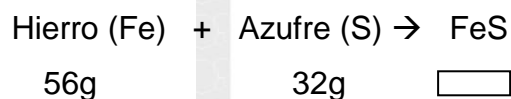
b. Según la información de la tabla, crees que los átomos de los reactivos y productos se encuentran en la misma proporción? Sino es así ajusta o iguala la ecuación.

c. Luego de haber ajustado la ecuación, si crees que fue necesario, representa en la siguiente tabla el número de átomos.

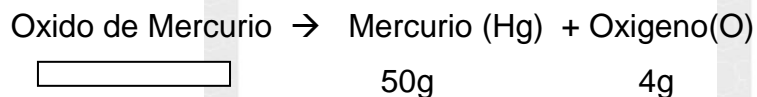
Elemento	Nº de átomos de los reactivos	Nº de átomos de los productos
C		
H		
O		

8. La ley de la conservación de la masa indica “la materia ni se crea ni se destruye, sólo se reorganiza”. Según el anterior enunciado, responde y resuelve. Escribe en los recuadros cuántos gramos de las sustancias intervienen en esta reacción:

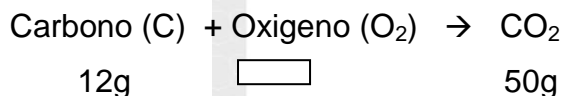
a. ¿Cuántos gramos de Sulfuro de hierro se producen?



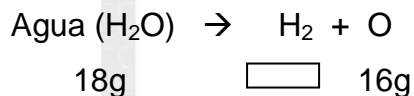
b. ¿Cuántos gramos de Óxido de mercurio (II), hay en los reactivos?



c. Si se tienen 12g de Carbono, y se producen 50g de Dióxido de Carbono, ¿Cuántos gramos de oxígeno (reactivo), se necesitan para esto?

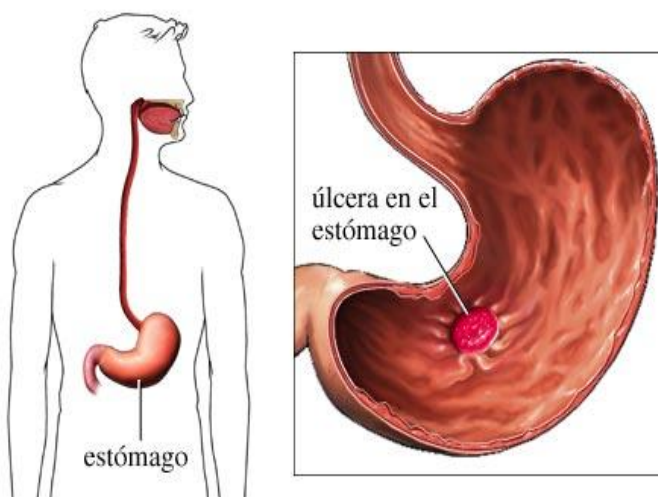


d. Se realiza la electrólisis de 18g de agua y se obtiene 16g de oxígeno, ¿Qué masa de hidrógeno se obtiene?



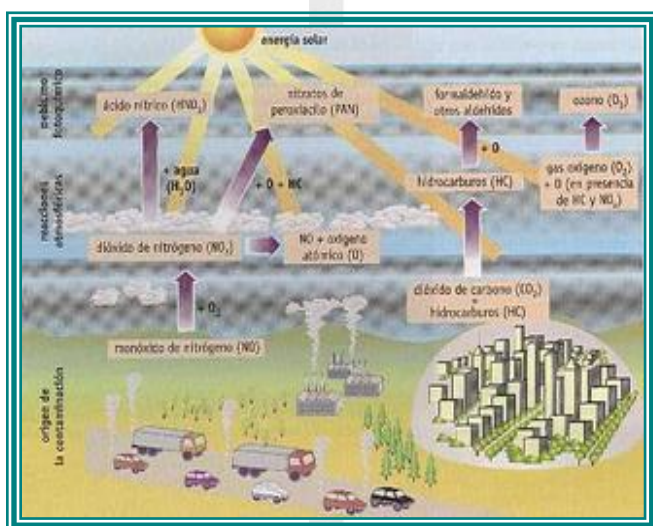
Momento 3

1. El ser humano produce jugo gástrico, un fluido ácido que interviene en la digestión. Sin embargo bajo condiciones de estrés y una alimentación a deshoras, este ácido (ácido clorhídrico (HCl)) causa heridas en la mucosa estomacal llegando a perforarla en muchas ocasiones produciendo lo que se conoce una úlcera gástrica. Para contrarrestar la acidez, el hombre ha hecho uso de sustancias básicas como el hidróxido de aluminio ($\text{Al}(\text{OH})_3$), que al reaccionar con los ácidos ocurre un proceso de neutralización, produciendo cloruro de aluminio (AlCl_3) y agua (H_2O).



- a. Escribe la ecuación indicando los reactivos, productos y además balancéala.
- b. ¿Qué tipo de cambio se da cuando la persona ingiere Hidróxido de Aluminio (comúnmente conocido como milanta)?
- c. ¿Si la persona no ingiere el Hidróxido qué pasaría?
- d. Explica con tus palabras cómo es el mecanismo en que se da la ecuación que escribiste.

2. La lluvia ácida tiene que ver con toda clase de precipitaciones, incluyendo la lluvia, nieve, niebla y las partículas ácidas de polvo. El principal componente de la lluvia ácida es el **ácido Sulfúrico** (H_2SO_4), un producto que surge de las reacciones del dióxido de azufre (liberado por plantas industriales y de energía, accionadas con carbón o petróleo), pero que finalmente inicia con la combinación del tritóxido de azufre (SO_3) más agua (H_2O).



Otro agente principal de la lluvia ácida es el dióxido de nitrógeno (NO_2), emitido por automotores y plantas industriales que utilizan cualquier combustible a altas temperaturas, éste reacciona con el agua (H_2O) para formar el **ácido Nítrico** (HNO_3) y **óxido de nitrógeno** (NO).

La quema de vegetales también produce ácido nítrico, así como los ácidos fórmico y acético.

La lluvia ácida acelera la destrucción de lagos, bosques y cultivos; desgasta edificaciones y otras estructuras hechas por el hombre, produce, además, afecciones en el aparato respiratorio de las personas.

Análisis la anterior situación, y responde:

- Según los datos proporcionados en la lectura construye las dos ecuaciones que se dan para producir lluvia ácida, indicando reactivos y productos.
- Analiza si se deben balancear las ecuaciones que planteas y argumenta tu respuesta.
- Representa los enlaces y las colisiones que se presentan en una de las dos ecuaciones.

d. ¿Por qué se puede decir que en la formación de la lluvia ácida se producen reacciones químicas? Explica.

Anexo 2

¿REACCIÓN QUÍMICA?

Momento 1

1. Los estudiantes observan diferentes imágenes, hacen lectura de su enunciado (representa fenómenos de la cotidianidad), seleccionan la opción; cambio químico o cambio físico, y luego escriben de manera libre y espontánea lo que sustenta la selección. La presente actividad busca que los estudiantes den cuenta de los conocimientos-en-acción iniciales en torno a los conceptos de cambio químico y cambio físico.

a. Mezclar mantequilla y azúcar

⊕ Cambio químico

⊕ Cambio físico



d. La corrosión del hierro

⊕ Cambio químico

⊕ Cambio físico



b. Quemar un trozo de carbón

⊕ Cambio químico

⊕ Cambio físico



c. Obtener cobre a partir de óxido de cobre

⊕ Cambio químico

⊕ Cambio físico



k. Las hojas verdes se vuelven naranjas, amarillas y verdes en verano

- Cambio químico
- Cambio físico



m. La desaparición de un perfume cuando el recipiente está destapado

- Cambio químico
- Cambio físico



l. Hacer un batido de leche y frutas

- Cambio químico
- Cambio físico



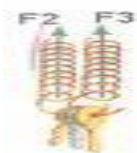
n. Una tostada se torna negra luego de pasar mucho tiempo en una tostadora

- Cambio químico
- Cambio físico



p. Estirar un resorte

- Cambio químico
- Cambio físico



o. Respirar

- Cambio químico
- Cambio físico




Fuente: http://www.quimicaweb.net/grupo_trabajo_fyq3/tema6/actividades/cam_nat.htm

2. La pregunta ¿qué es una reacción química?, puede resultar un poco tajante para los estudiantes, pues en primera medida muchos no sabrían como responderla. Sin embargo, la incógnita apunta a que los estudiantes escriban de manera libre acerca de cómo y qué conocen sobre las reacciones químicas, qué han escuchado, qué se dice, entre otros. También, pueden acompañar el escrito de dibujos, símbolos, ejemplos, asociaciones, etc. Es decir, pueden utilizar todas las herramientas necesarias que les permitan dar explicación a dicha pregunta, la cual está guiada por ciertos parámetros que el maestro utiliza para darle camino a la escritura, si es necesario.

Se permite decirle a los estudiantes que escriban qué creen que es una reacción química, incorporando asuntos como dónde la han escuchado, qué aspectos de la cotidianidad se aplican al concepto, cómo lo asocian a su vida y a la de los demás, entre otros, todo esto con el fin de que los estudiantes que partan de cero, tengan directrices para sustentar el texto.

ELABORA UN ESCRITO EN EL QUE EXPLIQUES QUÉ CREES QUE SON LAS REACCIONES QUÍMICAS Y CÓMO ÉSTAS SE APLICAN EN TU VIDA

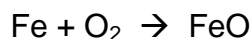


3. Juanito hacia mucho tiempo que no montaba en su bicicleta (de hierro). Pero un buen día decidió buscarla, llevándose la sorpresa de que ésta estaba oxidada porque había estado expuesta al sol y al agua durante un largo periodo de tiempo.



Juanito muy curioso buscó en al Internet sobre lo que le había sucedido a su bicicleta y se encontró con que dicho

fenómeno ocurrido se podía expresar químicamente de la siguiente manera:



a. Juanito encuentra que el número de átomos de los reactivos es diferente al número de átomos de los productos. Él no sabe muy bien como hacer para que en ambas partes de la ecuación haya el mismo número de átomos.

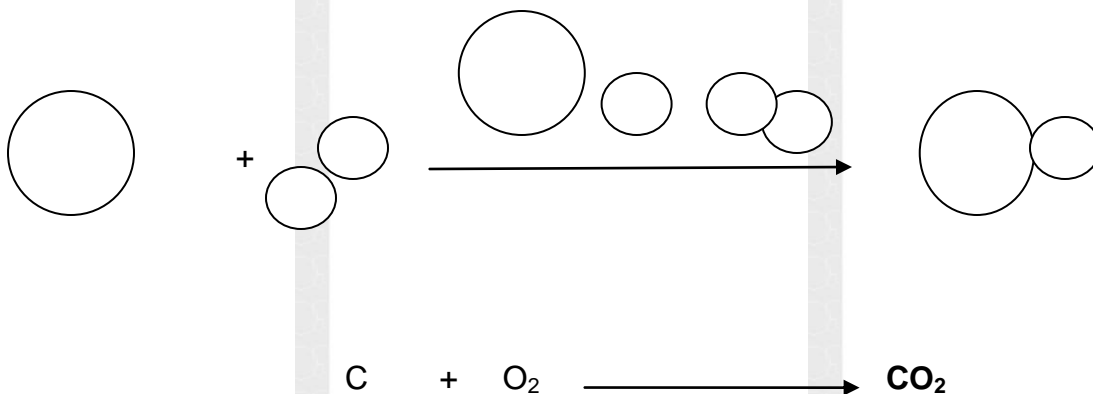
Explícale que debe hacer para que el número de átomos de los reactivos sea el mismo número de átomos del producto.

b. Un amigo de su papá le sugiere a Juanito que realice un proceso de balanceo químico de la ecuación, pero el niño no entiende muy bien a que se refiere este proceso. Escribe lo que tú piensas sobre el balanceo químico para que le ayudes a Juanito a resolver ésta inquietud.

4. Cuando quemamos una hoja de papel observamos que éste se transforma en cenizas.

a. ¿Qué crees que debe ocurrir con las moléculas del papel para que al quemarse se conviertan en cenizas?

b. Observa:



Describe lo que ocurre entre los átomos de carbono y oxígeno para formar el dióxido de carbono.

5. Describe en cuál de las siguientes situaciones se presenta una reacción química y explica en cada una de ellas, cuáles son las sustancias iniciales y las sustancias finales de dichas reacciones químicas.
- Todos los días las hojas de las plantas utilizan el CO_2 , el agua y la luz del sol para realizar la fotosíntesis para su propia alimentación y la de otros seres vivos, además, en este proceso las plantas liberan oxígeno.
 - Cuando machacamos una tiza, ésta se pulveriza
 - En el proceso digestivo que ocurre cuando comemos una manzana, desde que la ingerimos hasta que ésta es excretada por nuestro organismo
 - Cuando se deja un metal por un tiempo prolongado expuesto al aire y a la humedad.
 - Si añadimos azúcar a una bebida gaseosa, inmediatamente comienzan a salir burbujas
 - Cuando obtenemos el hielo a partir del agua refrigerada
 - Cuando inhalamos oxígeno y exhalamos CO_2 , durante el proceso de la respiración

Momento 2

1. Se presenta una situación bastante cotidiana en la que un granjero debe entechar el corral de las gallinas porque las láminas de zinc están dejando filtrar el agua. A partir de dicho planteamiento, se espera que los estudiantes estén en la capacidad de explicarle a dicho granjero, en términos de reacciones químicas, por qué las láminas de zinc se han roto, describiéndole algunas evidencias físicas de dicho proceso químico y comprobándole que éste cumple con la ley de la conservación de la masa.

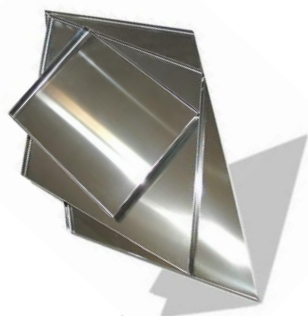
Don Francisco entechó el corral de las gallinas de su finca con láminas de zinc, pero después de varios meses de estar expuestas a la intemperie, éstas dejaban filtrar el agua y, por lo tanto, las gallinas se mojaban. Don Francisco, muy preocupado, quiere saber qué es lo que está sucediendo con las láminas de zinc.



- a. Explícale con tus palabras el fenómeno ocurrido
 - b. Descríbele las evidencias físicas que caracterizan este fenómeno
2. Esta situación de cambio químico y cambio físico está relacionada con uno de los elementos de la tabla periódica más conocidos por los estudiantes: el aluminio. Así pues, se presentan a los estudiantes algunos datos obtenidos a partir del estudio de dicho elemento y se les pide que argumenten, en cada caso, si se trata de un cambio químico o un cambio físico.

La siguiente información se obtuvo para el elemento aluminio. Identifica cuáles de los procesos descritos son cambios químicos y cuáles son cambios físicos.

Explica tu respuesta.



- El aluminio es un metal plateado brillo so que se derrite a 660°C .
- Cuando una franja de aluminio se sumerge en ácido clorhídrico, se libera gas de hidrógeno.
- Este metal es pulido de manera que su volumen ha disminuido.
- Cuando el aluminio pulido es expuesto al oxígeno, por algún tiempo, se forma óxido de aluminio (Al_2O_3) en la superficie del metal.

3. A continuación, se presenta otra situación referente al cambio químico y al cambio físico, situación bastante común a los estudiantes como lo es la ingesta de una deliciosa hamburguesa. Se estima que ésta situación posee un nivel mayor de dificultad debido a que los estudiantes deben pensar todo el proceso que implica el consumo de este alimento e identificar en él los diferentes cambios químico y físicos que tienen lugar, lo cual dará cuenta de la conceptualización que éstos han hecho en relación al cambio químico y el cambio físico.



Imagina que comes una hamburguesa. Describe los cambios químicos y físicos que experimenta ese alimento durante el proceso de la digestión.

4. Se estima que esta última situación de aplicación es la más abarcativa porque, de hecho, da cuenta de la conceptualización de los estudiantes en relación a la mayoría de los tópicos abordados en esta unidad didáctica, es decir, la teoría de las colisiones, la ley de la conservación de la masa, las reacciones químicas, las evidencias de una reacción química y cambio químico y cambio físico.

Para el desarrollo de esta situación, los estudiantes deberán realizar una práctica de laboratorio llamada: “¿Por qué se infla el globo?”, la cual es una experiencia muy sencilla y fácil de realizar con materiales caseros con el bicarbonato de sodio y el vinagre. Básicamente, ellos deberán mezclar en una botella plástica el bicarbonato de sodio con el vinagre e inmediatamente deberán colocar la bomba en la boca de la botella. A continuación, deberán observar detenidamente lo que ocurre.

Así pues, se espera que luego de realizar este laboratorio y ya en este nivel de aplicación en el que han desarrollado tantas situaciones, los estudiantes estén en la capacidad de responder acertadamente a cada una de las cuestiones propuestas, con un nivel de profundidad alto, en el que den cuenta de la conceptualización que hicieron de las temáticas abordadas.

- Explica con tus propias palabras el fenómeno ocurrido
- ¿Qué crees que debió pasar a nivel molecular para que al juntar el bicarbonato de sodio con el vinagre, la bomba se inflara?
- ¿Crees que luego de que la bomba se infló, la masa de las sustancias resultantes es la misma que la masa de las sustancias presentes al inicio?
¿Por qué?
- ¿Crees que lo ocurrido se debió a un cambio físico o a un cambio químico?
Explica tu respuesta
- Describe algunas evidencias físicas que caracterizan el fenómeno ocurrido.
- Dicho fenómeno es representado químicamente mediante la siguiente ecuación:



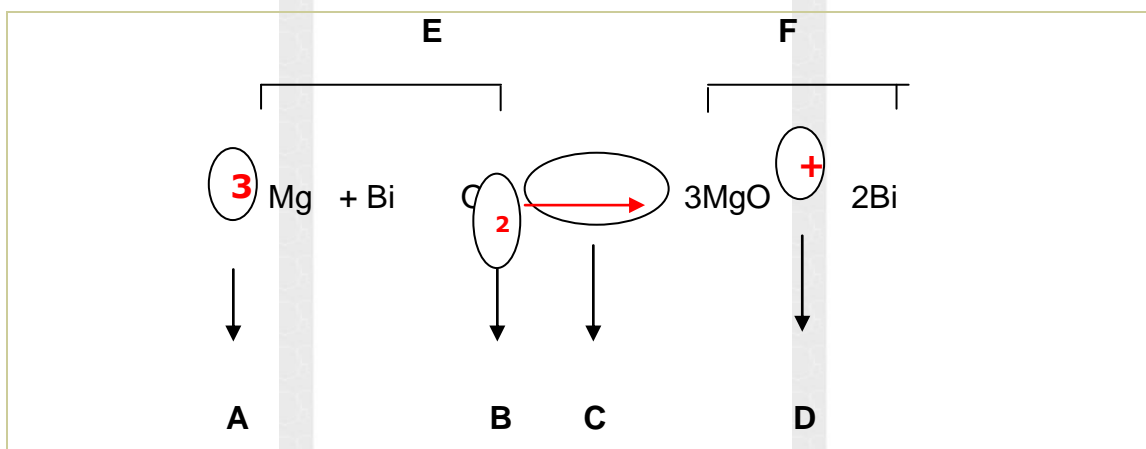
Teniendo en cuenta que en dicha reacción química se conserva la masa de las sustancias, analiza cómo y por qué sucede esto.

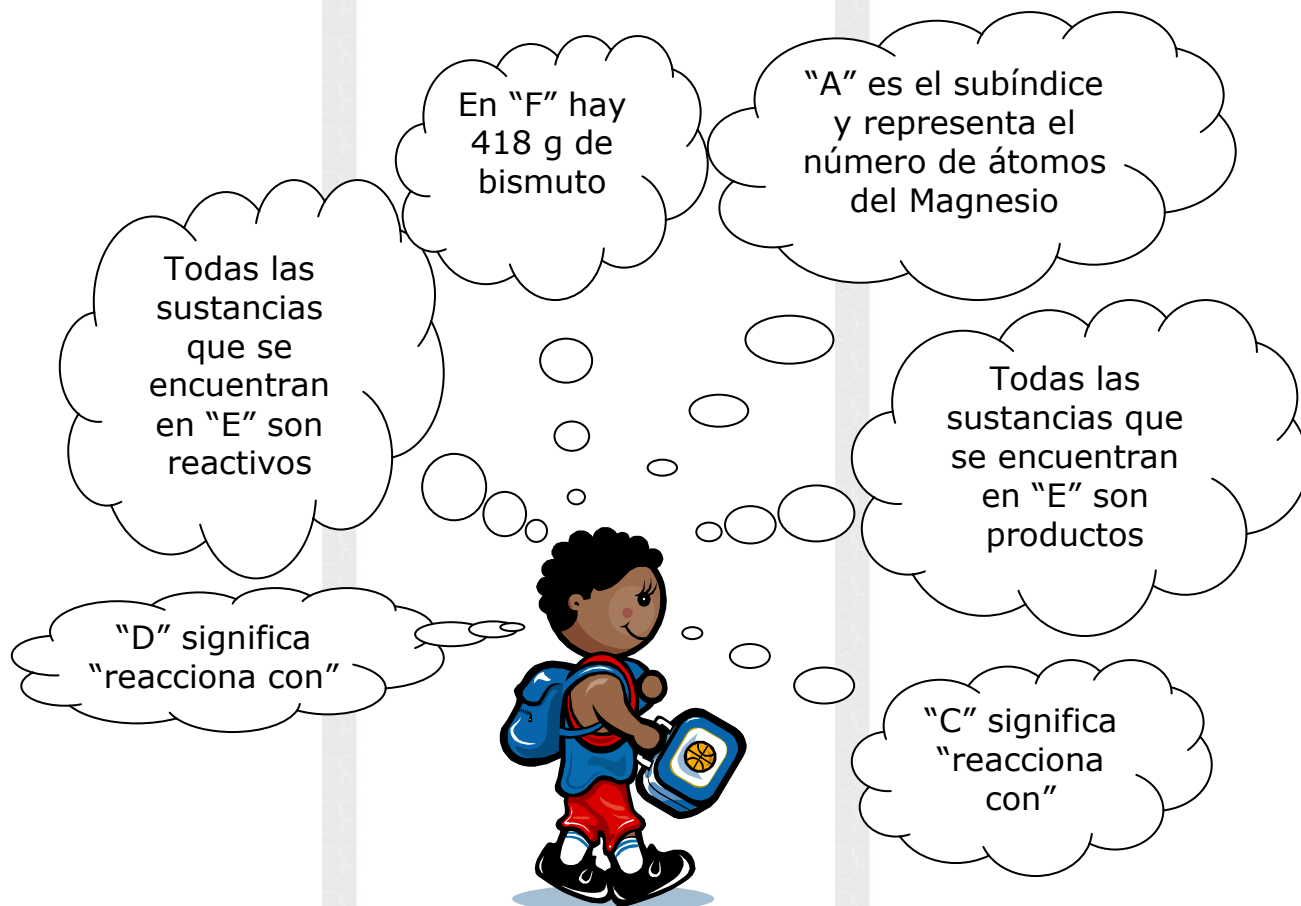


5. A partir de moléculas de dióxido de carbono y agua, la fotosíntesis convierte la energía de la luz solar en energía química almacenada en los enlaces de la glucosa y libera oxígeno.



- a. Explica con tus propias palabras, qué harías para mantener la misma cantidad de sustancia en los reactivos y los productos de la ecuación anterior que ejemplifica el proceso seguido por las plantas verdes para transformar la energía lumínica en energía química.
- b. Explica este proceso mediante la teoría de las colisiones.

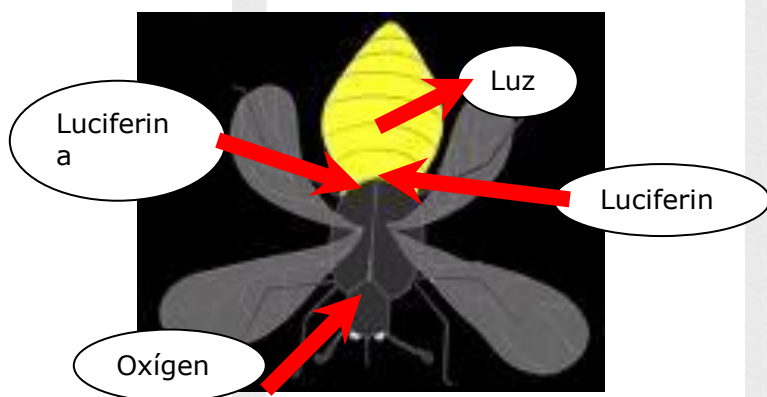




Juan tiene algunas ideas que son falsas, señálalas y explícale por qué éstas son incorrectas

Momento 3

1. Se espera que esta situación llame la atención de los estudiantes por tratarse de un fenómeno tan común y observado por ellos en las noches, como lo es la producción de luz por parte de las luciérnagas. Partiendo del planteamiento de la situación y de las fases previas en el proceso de conceptualización enmarcado en la presente unidad didáctica, se estima, entonces, que los estudiantes puedan reconocer si este fenómeno corresponde a un cambio físico o un cambio químico, argumentando con un mayor nivel de profundidad sus respuestas. Asimismo, se espera que en esta etapa de aplicación, los estudiantes puedan construir una explicación acertada de lo que sucede realmente con las sustancias presentadas en el gráfico para que la luciérnaga hembra produzca la luz que atrae a su pareja.



Las hembras de las luciérnagas emiten luz por las noches para atraer a los machos.

- a. ¿Crees que este fenómeno se debe a un cambio físico o a un cambio químico? Justifica tu respuesta
- b. Interpreta qué es lo que sucede entre las sustancias, presentadas en el gráfico, para que la luciérnaga hembra emita la luz y pueda atraer a los machos.

2. La situación presentada a continuación se constituye en una situación común a los estudiantes por cuanto, desde siempre y sobre todo en la actualidad, un buen número de personas cuenta, como mínimo, con una cámara fotográfica en sus hogares. El objetivo, entonces, es que los estudiantes estén en capacidad de ir más allá del simple hecho de tomar fotografías e infieran qué es lo que ocurre realmente en cuanto a las sustancias que se combinan en el interior de la caja fotográfica y la proporción en que éstas lo hacen, argumentando, además, qué pasaría con la toma de las fotografías, en el caso de que dichas proporciones se vieran alteradas.

Cuando tomas una fotografía, se producen una serie de reacciones químicas que te permiten obtener la imagen que deseas. La ecuación que describe una de esas reacciones, es presentada a continuación:



- a. Si se desea conservar la materia en la reacción química anterior, ¿En qué proporción deben combinarse las sustancias que participan en ella? Explica tu respuesta.
- b. Explica qué sucedería si es alterada la proporción entre las sustancias que intervienen en la reacción química en el interior de la cámara fotográfica.
- c. Explica según la teoría de las colisiones qué es lo que sucede entre los enlaces de las sustancias para que se produzca este fenómeno.



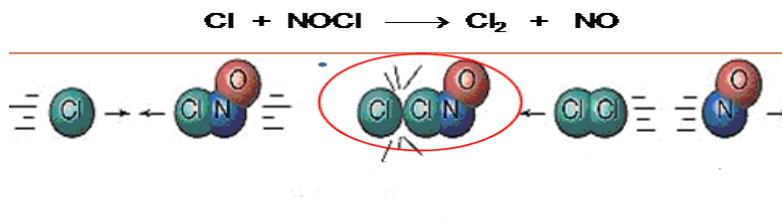
3. La siguiente es una situación de cambio químico y cambio físico en la que se pide a los estudiantes que construyan un párrafo con coherencia y sentido, en el que se hable de una actividad y puedan identificarse por lo menos dos cambios químicos y dos cambios físicos. Se estima que ésta es una situación de aplicación, por cuanto los estudiantes deben pensar bien qué actividad escoger, utilizar sus habilidades lectoescriturales y, sobretodo, argumentar adecuadamente por qué los cambios que señalan como químicos y físicos lo son.

En un párrafo, explica una actividad común como, por ejemplo, hacer un bizcocho o manejar un automóvil. Subraya los cambios físicos (Color azul) y los cambios químicos (color rojo) que ocurren en la actividad que elegiste.

Selecciona e interpreta una actividad que es seguro que tenga por lo menos dos cambios químicos y dos cambios físicos.

4. Esta situación consiste en que los estudiantes. Luego de haber observado el gráfico que se presenta a continuación estén en la capacidad de explicarlo en términos de la teoría de las colisiones, valiéndose de diferentes herramientas como los dibujos y las palabras, aspecto que, con certeza, ha de dar cuenta de uno de los niveles más elevados de pensamiento y, por ende, de la conceptualización realizada por los estudiantes.

Describe lo que está sucediendo en la siguiente reacción química



5. Imagina que el próximo fin de semana harás un asado en tu casa al que asistirán todos tus amigos. Para hacer dicho asado, deberás comprar en el supermercado una bolsa grande de carbón, la cual es un poco pesada y para poderla llevar a casa deberás pedir ayuda a alguien más. Luego de haber hecho el asado, sin embargo, esa bolsa pesada de carbón se ha reducido a unas pocas cenizas.
- ¿Qué diferencias encuentras entre la masa de la bolsa de carbón antes de hacer el asado y la masa de las cenizas obtenidas luego de haber hecho éste?
 - ¿Para que dicha cantidad de carbón se convirtiera en cenizas se presentó un cambio físico o un fenómeno químico? Explica tu respuesta.
 - ¿Es posible afirmar que la masa del carbón se ha conservado después de haber hecho el asado? ¿Por qué?
6. En la situación del gallinero de don Francisco, muéstrale a este granjero la ecuación química que representa este fenómeno y compruébale que ésta cumple con la ley de la conservación de la masa