

**RELACIÓN DEL ESQUEMA DE LA PROPORCIONALIDAD Y LA GRAN IDEA  
DE LA ESTEQUIOMETRÍA**

**JUAN DAVID ACERO ARIAS**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ENFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2016**

**RELACIÓN DEL ESQUEMA DE LA PROPORCIONALIDAD Y LA GRAN IDEA  
DE LA ESTEQUIOMETRÍA**

**JUAN DAVID ACERO ARIAS**

**BORIS FERNANDO CANDELA RODRÍGUEZ  
DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**



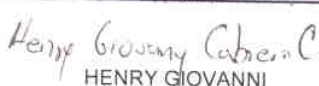
**UNIVERSIDAD DEL VALLE  
INSTITUTO DE EDUCACIÓN Y PEDAGOGÍA  
LICENCIATURA EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ENFASIS EN CIENCIAS  
NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL  
SANTIAGO DE CALI  
2016**



Programa Académico LIC. EN EDUCACIÓN BÁSICA CON ÉNFASIS  
EN CIENCIAS NATURALES Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

Fecha

| Día | Mes | Año  |
|-----|-----|------|
| 9   | 3   | 2016 |

| Título del Trabajo o Proyecto de Grado                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| RELACIÓN DEL ESQUEMA DE LA PROPORCIONALIDAD Y LA GRAN IDEA DE LA ESTEQUIOMETRÍA                                                                                                                                                                                   |                                                                                                       |                                            |
| Se trata de:                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                       |                                            |
| Proyecto <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                                 | Informe Final <input checked="" type="checkbox"/>                                                     |                                            |
| Director                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                       |                                            |
| BORIS FERNANDO CANDELA                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |                                            |
| Nombre del Primer Evaluador                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                       |                                            |
| HENRY GIOVANNY CABRERA CASTILLO                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                       |                                            |
| Nombre del Segundo Evaluador                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                       |                                            |
| Estudiantes                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                       |                                            |
| Nombres y Apellidos                                                                                                                                                                                                                                               | Código                                                                                                | Programa Académico                         |
| JUAN DAVID ACERO ARIAS                                                                                                                                                                                                                                            | 201025276                                                                                             | 3467-DIU                                   |
| Evaluación                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                       |                                            |
| Aprobado <input checked="" type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                                      | Meritorio <input type="checkbox"/>                                                                    | Laureado <input type="checkbox"/>          |
| Aprobado con recomendaciones <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                             | No Aprobado <input type="checkbox"/>                                                                  | Incompleto <input type="checkbox"/>        |
| En el caso de ser <b>Aprobado con recomendaciones</b> (diligenciar la página siguiente), éstas deben presentarse en un plazo máximo de _____ (máximo un mes) ante:                                                                                                |                                                                                                       |                                            |
| Director del Trabajo o Proyecto de Grado <input type="checkbox"/>                                                                                                                                                                                                 | Primer Evaluador <input type="checkbox"/>                                                             | Segundo Evaluador <input type="checkbox"/> |
| En el caso de que el Informe Final se considere <b>Incompleto</b> (diligenciar la página siguiente), se da un plazo máximo de _____ semestre (s) para realizar una nueva reunión de Evaluación el: _____                                                          |                                                                                                       |                                            |
| En el caso que no se pueda emitir una evaluación por falta de conciliación de argumentos entre Director, Evaluadores y Estudiantes; expresar la <b>razón del desacuerdo</b> y las <b>alternativas</b> de solución que proponen (diligenciar la página siguiente). |                                                                                                       |                                            |
| Firmas                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                       |                                            |
| <br>BORIS FERNANDO CANDELA                                                                                                                                                     | <br>HENRY GIOVANNI |                                            |
| Director del Trabajo o Proyecto de Grado                                                                                                                                                                                                                          | Primer Evaluador                                                                                      | Segundo Evaluador                          |

[illegible]

| <b>CONTENIDO</b>                                                      | <b>Pág.</b> |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| RESUMEN                                                               | 11          |
| INTRODUCCIÓN                                                          | 13          |
| CAPÍTULO I: PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.                                | 16          |
| 1.1 Justificación.                                                    | 16          |
| 1.2 Antecedentes.                                                     | 18          |
| 1.3 Problemática.                                                     | 23          |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.                                           | 28          |
| 2.1. Construcción del conocimiento.                                   | 28          |
| 2.2. Cognición y Razonamiento.                                        | 30          |
| 2.3. Desarrollo del pensamiento desde Piaget.                         | 31          |
| 2.4. Patrones de razonamiento del programa PENSAR CON LA CIENCIA.     | 36          |
| 2.5. Los tres niveles de representación de la química.                | 39          |
| 2.6. Dificultades y limitaciones para el aprendizaje de la química.   | 40          |
| 2.7. Concepciones alternativas.                                       | 42          |
| 2.8. Los núcleos conceptuales de la química.                          | 44          |
| 2.9. La gran idea de la estequiometría.                               | 51          |
| CAPÍTULO III: HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. | 54          |
| 3.1 Hipótesis.                                                        | 54          |
| 3.2 Objetivos.                                                        | 54          |

|                                                    |     |
|----------------------------------------------------|-----|
| 3.3 Metodología de investigación.                  | 54  |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y ANÁLISIS                 | 67  |
| 4.1 Resultados y análisis de los datos             | 67  |
| 4.1.1. Resultados y análisis del Pretest y Postest | 67  |
| 4.1.2 Resultados y análisis del estudio de caso    | 75  |
| CONCLUSIONES                                       | 118 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS                         |     |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                         | Pág. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1: explicación de las preguntas del pretest.                                                      | 58   |
| Tabla 2: explicación de las preguntas del postest.                                                      | 60   |
| Tabla 3: resultados del pretest.                                                                        | 68   |
| Tabla 4: resultados del postest.                                                                        | 71   |
| Tabla 5: codificación de los relatos narrativos y los escritos de los estudiantes                       | 77   |
| Tabla 6: categoría Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales. | 95   |
| Tabla 7: Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                            | 95   |
| Tabla 8: Competencias lingüísticas.                                                                     | 95   |
| Tabla 9: Manejo y gestión de la clase.                                                                  | 95   |

## LISTA DE GRÁFICAS

|                                    | Pág. |
|------------------------------------|------|
| Grafica 1: Resultados del pretest. | 69   |
| Grafica 2: Resultados del posttest | 72   |

## LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1: Esquema que ilustra el proceso de construcción de conocimiento. 29

## LISTA DE ANEXOS

|          | Pág. |
|----------|------|
| Pretest  | 126  |
| Posttest | 130  |

## RESUMEN

Durante el proceso de construcción del conocimiento no solo es necesario poseer una serie de conceptos, además se hace necesario que el sujeto posea la capacidad de utilizarlos y darles sentido. De ahí que, los conocimientos conceptuales deben estar vinculados a los esquemas de pensamiento formal<sup>1</sup>, pues dichos esquemas son los que le permite al sujeto comprenderlos y a su vez, los conocimientos conceptuales brindan la posibilidad de desarrollar dichos esquemas (Pozo, Gómez Crespo, Limon y Sanz Serrano, 1991; Pozo, j. y Gómez Crespo, 2009).

En relación a la idea anterior, la investigación en educación (Pozo et. al, 1991; Pozo y Gómez Crespo, 2009) ha evidenciado que el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal está fuertemente relacionado con los contenidos conceptuales del currículo de la ciencia. De hecho, aprender y utilizar determinado conocimiento requiere del estudiante el uso de un determinado esquema; y del mismo modo, el desarrollo de cierto esquema puede lograrse a través de un determinado concepto científico. Un ejemplo, puntual de ello lo encontramos en el aprendizaje de la estequiometría y el desarrollo del esquema de la proporcionalidad, en donde el primero desarrolla el segundo y el segundo permite comprender el primero.

Por lo anterior, se plantea como hipótesis que existe una relación interdependiente entre el esquema de la proporcionalidad directa y la estequiometría, dado que ambas crecen y se desarrollan conjuntamente. Por tanto, surge el siguiente interrogante: ¿El desarrollo del esquema de la proporcionalidad influye en el aprendizaje de la estequiometría en estudiantes de grado 11?

Para responder a este interrogante, se realizó una investigación de corte cualitativo, así mismo, ésta se apoyó en algunos datos cuantitativos. Para ello, se realizó un pretest y postest a un grupo de estudiantes del grado 11, sobre el conocimiento conceptual en cuestión, el cual permitió observar e forma general del estado inicial y final de los estudiantes. Por otro lado, se llevó a cabo una observación participante del mismo grupo durante un periodo de 6 a 7 meses aproximadamente, con el fin de observar y analizar el proceso de desarrollo y construcción de dicha relación.

---

<sup>1</sup> De acuerdo a Flavell (1998) los esquemas de pensamiento formal, son los encargados de realizar las operaciones mentales dentro de la cognición del sujeto y permitirle analizar, interpretar, comprender y explicar los fenómenos con los que interactúa. Estos son: las operaciones combinatorias, la proporcionalidad, la coordinación de dos sistemas de referencia, noción de equilibrio mecánico, probabilidad, correlación, compensaciones multiplicativas y las formas de conservación que van más allá de la experiencia.

En base a esto, se interpretó los datos cuantitativos a través de la comparación de ambos test, en donde se analizó si los estudiantes lograron vincular el esquema de la proporcionalidad con el conocimiento conceptual de la estequiometría en la resolución de problemas. Lo cual, permitió generar una observación más amplia del estado inicial y final de los estudiantes, con el fin de determinar si dicha relación logró desarrollarse.

Por otro lado, para lograr comprender cómo se llevó a cabo el proceso de desarrollo de dicho vínculo a través de la instrucción, se empleó la teoría fundamentada desde la perspectiva de Straus y Corbin (2002), la cual permite interpretar los datos tomados de la observación participante y construir generalizaciones naturalísticas sobre la relación que los estudiantes construyen entre la estequiometría y la proporcionalidad durante todo su proceso de aprendizaje para comprender, interpretar y resolver problemas. Para finalizar, se realizó una triangulación por fuente, la cual permite darle confiabilidad y validez a la investigación.

**Palabras Clave:** Estequiometría, Proporcionalidad, Esquemas de pensamiento, Núcleos conceptuales de la química, Investigación cualitativa, Teoría fundamentada en los datos.

## INTRODUCCIÓN

Algunas investigaciones (Contreras y García, 2008; Lewis, Cuesta, Ghisays, Romero, 2004) han dejado ver graves problemas de inadaptación y desadaptación<sup>2</sup> a lo largo del proceso de enculturación en los niños, los cuales vienen determinados por factores cognitivos, emocionales y sociales; situación que interrumpe o limita dicho proceso. Por lo general, dichas investigaciones muestran que la escuela a través del currículum y las actividades de aprendizaje le asignan poca importancia a situaciones que le brinden al sujeto la posibilidad de comenzar a desarrollar de forma progresiva los esquemas de pensamiento formal, los cuales subyacen a los diferentes contenidos del currículum de las ciencias.

Dicha situación, limita en gran medida el aprendizaje de las ciencias, pues éstas requieren para su comprensión y manejo, el desarrollo del pensamiento formal, más precisamente los esquemas de pensamiento (Pozo, 2009). Éstos, son los encargados de realizar las operaciones mentales dentro de la cognición del sujeto y permitirle analizar, interpretar, comprender y explicar los fenómenos con los que interactúa. Por tal razón, se evidencia la falta de interés y bajo rendimiento académico durante el estudio de estas disciplinas (Biología, Física y Química más precisamente), pues al no poseer las habilidades necesarias para el aprendizaje de las mismas, los estudiantes las terminan considerando sumamente complejas o no logran aprenderlas significativamente (García de Cajén, Domínguez y García-Rodeja, 2002).

Por tanto, se hace evidente la relación que debe existir entre el desarrollo de los esquemas de pensamiento y los contenidos de la ciencia durante la enseñanza y aprendizaje de las mismas. En este sentido, Carretero, López, Pozo, León, Pérez y Asensio (1992), presentan a través de la propuesta de los núcleos conceptuales de la química, como se genera una relación interdependiente entre los contenidos específicos de la química y los esquemas de pensamiento formal. Así mismo, los núcleos conceptuales, abarcan igualmente las principales dificultades y limitaciones para el aprendizaje que se presenta en cada uno de sus núcleos.

Entre estos tres núcleos conceptuales, se destaca el tercer núcleo, debido al alto nivel de abstracción que posee y los requerimientos cognitivos que exige. Esto se debe a que principalmente, como en su nombre lo indica, se manejan gran cantidad

---

<sup>2</sup> Se entiende la inadaptación como una situación donde el sujeto no logra apropiarse los conocimientos, cultura y procesos cognitivos que exige su contexto. Así mismo la desadaptación, consiste en la pérdida del equilibrio e integración que el sujeto ya había logrado por diversos medios sensoriales, culturales, académicos y emocionales, además de dificultades de aprendizaje y apropiación de estructuras cognitivas de orden superior (Lewis, Soraya. et al, 2004).

de cálculos cuantitativos, los cuales le confieren su nivel de dificultad. Adicionalmente, en este núcleo se utilizan y desarrollan una gran cantidad de esquemas de pensamiento, los cuales se integran, en algunos casos, para la comprensión de los contenidos conceptuales que aborda.

En este sentido, dentro de este núcleo, encontramos gran diversidad de contenidos conceptuales importantes para el aprendizaje de la química. Uno de ellos, es la estequiometría, la cual es el estudio de las relaciones cuantitativas de reactivos y productos durante una reacción química. Ésta, involucra paralelamente el desarrollo de cálculos cuantitativos y el esquema de la proporcionalidad. En donde por medio del esquema los sujetos pueden desarrollar los cálculos cuantitativos y gracias a estos últimos se desarrolla el esquema de la proporcionalidad.

Por tanto, el aprendizaje de la gran idea de la estequiometría resulta complejo, dado que ésta presenta un alto nivel de abstracción, además involucra razonamientos cuantitativos, pues los fenómenos que representan se encuentran dentro del plano submicroscópico, los cuales se resuelven y entienden a nivel simbólico. En este sentido, un bajo desarrollo del esquema de la proporcionalidad, les impide a los estudiantes poder comprender las relaciones que se establecen entre los diferentes elementos y cómo éstas determinan su comportamiento. Por tanto, mediante dicho esquema el estudiante puede comprender, interpretar y desarrollar problemas que involucren dicho tópico

En este orden de ideas, para el aprendizaje y comprensión conceptual de la estequiometría, se hace sumamente necesario que los estudiantes aprendan y desarrollen el esquema de la proporcionalidad. Esto se debe, a que dado que la estequiometría se basa en las relaciones proporcionales de masas dentro de una reacción, los estudiantes deben poder comprender y determinar cuáles son las relaciones proporcionales que se evidencian en cada reacción que analicen, situación que solo es posible de realizar si se ha desarrollado el esquema de la proporcionalidad. Así mismo, al aplicar constantemente este tipo de pensamiento o habilidad de pensamiento formal, éste se desarrolla consecuentemente.

Por tanto, el presente estudio abarcará dicha relación interdependiente entre el esquema de la proporcionalidad y la gran idea de la estequiometría durante el aprendizaje de la misma. En consecuencia, el presente trabajo centró su atención en la relación bidireccional que se establece entre la gran idea de la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad.

Para tal fin, la investigación se dividió en tres capítulos diferentes. En el primero, encontramos la presentación del problema, el segundo el marco teórico de

referencia para la investigación que se realizó, el tercero abarca los aspectos metodológicos realizados y por último, el cuarto capítulo abarca los resultados y análisis realizados. Adicionalmente al finalizar el cuarto capítulo, el lector podrá encontrar las conclusiones, en la cuales se resumen los resultados y análisis más relevantes de la investigación. Igualmente, al final también se encuentran las referencias bibliográficas y los anexos, en los cuales se ilustran los dos test aplicados.

## CAPITULO I

### 1. PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

#### 1.1 JUSTIFICACIÓN

Las habilidades cognitivas juegan un rol sumamente importante en el desarrollo del niño durante su formación académica, en consecuencia Willem Doise (p. 49-70) explica que, la interacción del niño con el ambiente le exigen el desarrollo de ciertas coordinaciones o habilidades de pensamiento formal, las cuales a través de dicha interacción el sujeto puede dominarlas y usarlas posteriormente en futuras relaciones más complejas. De esta forma, el pensamiento formal juega un papel muy importante para la desarrollo del estudiante, pues no solo es un mecanismo integrador del individuo a un ambiente social, sino que además le permite modificar y aprender conductas y conocimientos que le permitan desarrollarse como persona y construir su visión o interpretación del mundo.

En este sentido, la teoría Piagetiana nos propone una serie de estadios que intentan explicar el desarrollo de las habilidades de pensamiento en el sujeto, en donde éste alcanza su cúspide en el estado Formal. Dicho estadio se caracteriza principalmente por ser un razonamiento de orden hipotético deductivo, el cual le permite al sujeto interpretar y relacionarse con la realidad partiendo no solo desde lo concreto (contacto directo con objetos, hechos o fenómenos) sino desde interpretaciones, relaciones, conocimientos o hipótesis que ha construido con el objetivo de solucionar un problema. Es de esta forma que, la naturaleza del pensamiento formal es de carácter proposicional, ya que los razonamientos que se realizan se centran más en lo posible que en lo tangible.

En consecuencia, este estado es fundamental para la formación de los niños en el ámbito educativo, pues el tipo de pensamiento que se desarrolla en él es el característico de la ciencia, dado que ésta trata de establecer leyes o principios que permitan explicar y entender el funcionamiento y comportamiento de la naturaleza. Aunque la ciencia explique muchas de sus teorías y leyes a partir de fenómenos concretos, todas sus interpretaciones y explicaciones pasan a ser de carácter general, lo cual permite interpretar algunos o todos los comportamientos posibles que adquiere la naturaleza en determinados fenómenos. Es así que, para la escuela es de suma importancia desarrollar un pensamiento formal, pues solo éste le permitirá al estudiante interpretar y utilizar de forma adecuada y eficiente los conocimientos científicos (Pozo y Gómez Crespo, 2009).

No obstante, el desarrollo de éste pensamiento no está desligado a los contenidos conceptuales de la ciencia, sino por el contrario, a determinados conocimientos científicos le subyacen ciertos esquemas conceptuales (Pozo y Gómez Crespo, 2009), los cuales intervienen directamente en su interpretación e implementación en la solución de un problema. En otras palabras, los esquemas de pensamiento formal están fuertemente relacionados con los contenidos conceptuales de la ciencia, en donde para aprender y utilizar determinado conocimiento se requiere el uso de determinado esquema, y del mismo modo, el desarrollo de ciertos esquemas está limitado por ciertos conceptos científicos. En este sentido, Pozo y Gómez Crespo (2009), muestran que el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal están sometidos o restringido por contenidos conceptuales de las disciplinas, haciendo que dichos esquemas no sean de carácter general sino específico de cada disciplina. De esta forma, para adquirir un buen aprendizaje, desempeño y uso de las disciplinas de la ciencia en la escuela, es necesario que se enseñe a utilizar las características del pensamiento que le subyacen, en otras palabras, para aprender química, física y biología es inevitable que la escuela ayude a desarrollar y usar los esquemas de pensamiento formal en cada caso.

En este orden de ideas, para el caso de una de las ciencias como la química, Pozo et al. (1991), propone la idea de los tres núcleos conceptuales, los cuales integran los conocimientos más importantes para la construcción de los conceptos y leyes de la química y las habilidades cognitivas o esquemas de pensamiento formal requeridas para la construcción de las mismas. Éstos, parten de las tres más grandes dificultades y errores conceptuales en el estudio de la química y de los esquemas de pensamiento formal que los estudiantes deben tener y desarrollar para el aprendizaje de dicha disciplina.

En consecuencia, el primer núcleo, *La continuidad/discontinuidad de la materia*, requiere que el estudiante conciba el vacío que existe entre las partículas; lo cual implica un pensamiento netamente hipotético o proposicional, pues el estudiante construye esta noción a partir de relaciones conceptuales y deductivas, dado que es un concepto que no es visible y que no se puede remitir a lo concreto. Así mismo, dentro de este núcleo se encuentran otros conceptos y esquemas operatorios que se requieren para su interpretación, como es el caso de la medición.

En el segundo núcleo, *Conservación de propiedades de la materia*, requiere que el estudiante pueda concebir la conservación de características de la materia las cuales no son perceptibles, un ejemplo es la conservación de los átomos. Es por tanto que el del equilibrio mecánico y las formas de conservación que van más allá de la experiencia, son dos esquemas de pensamiento formal necesarios para la interpretación de este núcleo. Esto se debe a que al interpretar una reacción, el

estudiante debe hacer la acción mental de que cierto reactivo al reaccionar con otro dan como resultado un producto, el cual debe de mantener una igualdad de átomos, esta acción implica que el estudiante mantenga la idea de la conservación de la materia y establezca que la igualdad entre los dos estados es que la materia en tanto a su cantidad, es constante.

Por último, el tercer núcleo corresponde a la *cuantificación de relaciones*, en éste los estudiantes deben ser capaces de manejar proporciones diferentes y mantener una relación directa con un producto, para lo cual es indispensable el esquema de la proporcionalidad, pues este es el que le permite establecer la relación entre dos magnitudes diferentes, las cuales dan como resultado una constante. En este sentido, en la aplicación de las leyes de los gases como en estequiometría, los estudiantes deben de establecer relaciones entre variables, las cuales permanecen constantes aunque las variables aumenten o disminuyan. Un ejemplo es el caso de cualquier reacción, en donde se debe establecer la relación de los reactivos, ya sea de 2 a 1, 1 a 1 o de 3 a 1, etc.; para así saber la cantidad que se requiere de un elemento o sustancia para hacer la reacción.

Con base a todo lo anterior, podemos observar cómo se hace necesario el desarrollo de un pensamiento formal o científico para la comprensión de los conceptos más importantes y fundamentales de la química. Así mismo, dichos conceptos son el escenario más adecuado para el desarrollo de los esquemas formales.

## 1.2 ANTECEDENTES

De acuerdo a lo que hasta el momento hemos analizado en la justificación, podemos considerar que no solo cobra un importante papel el desarrollo de las habilidades cognitivas de alto nivel o esquemas de pensamiento formal, sino que además éstas deben de desarrollarse dentro y paralelamente a los tópicos y contenidos del currículo de la ciencia. Por tanto, a continuación se revisarán algunos de los antecedentes más significativos encontrados, los cuales abordarán primero la relación entre esquemas de pensamiento y contenidos, después las dificultades y limitaciones para el aprendizaje de la química, y por último, algunos elementos importantes para el aprendizaje y comprensión conceptual de la estequiometría.

En primer lugar, encontramos en Carretero et al. (1992), los presupuestos fundamentales de la línea de investigación sobre Psicología de la Instrucción desarrollada por los autores, abordando dos investigaciones específicas al respecto. La primera, trata sobre las ideas de alumnos adolescentes en Química y la segunda, se focaliza sobre la comprensión de textos y las variables que influyen en él.

En la primera investigación, se parte desde un punto de encuentro entre el enfoque de las concepciones alternativas y la teoría Piagetiana de las operaciones formales en los estudiantes. Dicho punto de encuentro son los contenidos específicos, los cuales desde el enfoque de las concepciones alternativas, se entiende que los estudiantes construyen representaciones, interpretaciones o ideas alternativas sobre los fenómenos científicos y contenidos de la ciencia. Así mismo, se encuentra que dependiendo del dominio de un contenido específico en el que se realiza una tarea, se puede presentar o no, en un mismo sujeto, un desarrollo formal del pensamiento. Por tanto, dependiendo del contenido los sujetos pueden poseer un pensamiento formal y poseer ciertas concepciones alternativas.

En consecuencia, para superar las concepciones alternativas que algunos estudiantes poseen en dominios específicos de la ciencia, es necesario el desarrollo y empleo de ciertos esquemas de pensamiento, los cuales les permitirán comprender e interpretar las teorías científicas y los fenómenos de forma más adecuada. En este sentido, para una disciplina específica como la química, en base a estos dos enfoques se plantean los núcleos conceptuales de la química. Cada uno de estos representan tres grandes dificultades en la comprensión de la química y los esquemas de pensamiento asociadas a las mismas, a saber: la discontinuidad de la materia, la conservación de propiedades no observables y las relaciones cuantitativas.

Finalmente, este estudio permitió observar la importancia y relevancia que desempeñan los contenidos específicos y su relación con los esquemas de pensamiento para la comprensión de los mismos, pues evidencia que dichos elementos están en una relación bidireccional, la cual es fundamental para el aprendizaje de la ciencia. En este sentido, éste es uno de los primeros antecedentes que nos permite justificar la relación que se establece entre la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad. Además, nos brinda una amplia fuente referente a los núcleos conceptuales de la química, los cuales dirigirán y sustentarán parte de nuestros análisis durante esta investigación.

En este mismo orden de ideas, pero centrándonos un poco más en la relación de un esquema de pensamiento específico como la proporcionalidad con los contenidos del currículo de la ciencia, se encuentra que en Sanz, A., Pozo, J., y Pérez, M., Gómez, M (1996), los investigadores analizaron los efectos de algunas variables que influyen en las reglas o formas de análisis empleadas por los sujetos en diferentes niveles de instrucción durante la resolución de problemas de proporcionalidad. En consecuencia, se consideró relevante analizar la influencia del

contenido, formato de la tarea, nivel de dificultad, nivel de instrucción y el desarrollo cognitivo, para la interpretación y posterior solución de dichos problemas.

Para ello, tomaron una muestra de 140 sujetos, los cuales presentaban diferente especialización científica, nivel de instrucción y/o edad. Dicha muestra, la clasificaron en siete grupos diferentes, en donde cada grupo estaba constituida por 20 sujetos. Estos grupos eran: estudiantes de octavo de E.G.B (edad media 13 años), segundo de B.U.P (edad media 15 años), C.O.U. de letras puras (edad media 18 años), C.O.U. de ciencias (17 años), estudiantes universitarios de matemáticas (edad media 23 años), estudiantes universitarios de química (edad media 22 años) y estudiantes universitarios de psicología (edad media 23 años).

En base a dicha muestra, emplearon dos criterios de análisis: el número de aciertos y el tipo de reglas utilizadas por los sujetos. De acuerdo a esto, encontraron que el rendimiento de los sujetos está afectado principalmente por los contenidos específicos a los que pertenece la tarea, en lugar del dominio a la que ésta pertenezca (química o física). Así mismo, los contenidos inmersos o contextualizados en la vida cotidiana, mejoran el rendimiento de los sujetos en la resolución de las mismas. Por otro lado, el nivel de dificultad de las tareas posee un efecto significativo en los resultados, en donde el éxito en la resolución de las tareas disminuye al aumentar la dificultad. Además, el nivel y tipo de escolaridad también afecta significativamente el rendimiento de las mismas, en donde se presentan grandes diferencias en los grupos a pesar de poseer la misma edad.

Finalmente, el rendimiento de los sujetos en la resolución de las tareas asignadas está fuertemente influenciado por el contenido específico de las mismas. Además, el éxito de éstas, puede verse afectado por las restricciones propias de la tarea. Igualmente, los contenidos científicos cercanos a la vida cotidiana catalizan notablemente el rendimiento, los cuales sirven como mediadores del aprendizaje del razonamiento proporcional. Por último, encontraron que la instrucción mejora notablemente dicho rendimiento en los sujetos, tanto para el nivel de instrucción como los diferentes tipos, por ejemplo C.O.U. ciencias y C.O.U. letras presentaron dicha diferencia en el rendimiento, en donde el primero mostro mejor desempeño.

En consecuencia, este estudio permitió observar la importancia y relevancia que desempeñan los contenidos específicos durante la resolución de las tareas. En donde aunque dos tares presente el mismo tipo de análisis (el razonamiento proporcional), éstas pueden variar su complejidad o incidir en el desempeño de los sujetos dependiente del contenido del currículo de las ciencias en las que se encuentre. En este sentido, esta investigación permite considerar que para el aprendizaje de la estequiometría, se hace necesario desarrollar y enseñarles a los

estudiantes a utilizar el esquema de la proporcionalidad que fundamenta este contenido. Puesto que, a pesar de que hayan desarrollado o utilizado dicho esquema en otros contenidos, aún no son conscientes ni reconocen la forma de trasladar y utilizar esta habilidad durante el análisis e interpretación de otros fenómenos, conceptos o contenidos del de la química.

En segundo lugar, respecto a las dificultades y limitaciones para el aprendizaje de la química, Ghassan Sirhan (2007), presenta una recopilación de los resultados obtenidos de las investigaciones de las últimas décadas referentes a las dificultades y limitaciones que presentan los estudiantes escolares y universitarios en el aprendizaje de la química. Además, sugiere algunos elementos a tener en cuenta para reducir estas dificultades. En este sentido, la revisión de la literatura fue dirigida teniendo en cuenta los dos aspectos mencionados, las dificultades y los elementos que pueden reducir las mismas.

Respecto a lo anterior, encontré que las dificultades estaban en relación a cinco clases: el contenido curricular, la sobrecarga de la memoria de trabajo (Johnstone, 1991 citado por Candela, 2012), el lenguaje y la comunicación, los conceptos y por último la motivación. En este sentido, respecto a los problemas anteriores, se observa que entre más compleja y difícil, sea la disciplina y los conceptos para el estudiante, así mismo puede disminuir su interés. Igualmente, la descontextualización de la misma y el grado de relevancia con la vida real del sujeto, juegan un papel clave en su motivación.

De acuerdo a todo lo anterior, este estudio ofrece una amplia mirada en cuanto a las dificultades que se deben considerar para el aprendizaje de la química y más específicamente la estequiometría. Por lo que se logra extraer varios aspectos a considerar durante el proceso de recolección de información y análisis de la misma. En este sentido, nuestra investigación está permeada fuertemente por las consideraciones y elementos encontrados aquí.

En tercer lugar, en razón a algunos elementos importantes para el aprendizaje y comprensión conceptual de la estequiometría, Cortes y Cotúa (2014), presentan una metodología que incorpora el uso de métodos interactivos de enseñanza y aprendizaje en un curso básico de química general, con el fin de mejorar las habilidades interpretativas de los estudiantes y el aprendizaje por comprensión conceptual de la estequiometría. Esta propuesta, se implementó a una muestra de 42 estudiantes, con edades alrededor de los 17 y 18 años, los cuales pertenecían a un curso de introducción a la química de primer semestre de medicina. Vale la pena mencionar que antes de la implementación de la propuesta, los estudiantes contaban con un total de 10 horas de conferencias sobre estequiometría. Posterior

a las conferencias se realizó una evaluación con el objetivo de comprobar y conocer el estado de los sujetos. Una vez conocido dicho estado se procedió a aplicar la propuesta, la cual consistía en una conferencia interactiva de 120 minutos de duración. La conferencia consistió en una serie de preguntas de opción múltiple presentadas por medio de un dispositivo y software llamado *TurningPonti Audience Response System*, dichas preguntas, se formularon en base a los errores más comunes cometidos por los estudiantes, lo cual se evidencia en la literatura.

Después de la implementación, se encontró que las habilidades de los estudiantes se vieron incrementadas, en donde el 60% de los estudiantes entendieron las relaciones de masa en una reacción química. Así mismo, dado el ambiente participativo y dialógico de la sesión, las dudas y errores que poseían cada estudiantes pudieron conocerse y resolverse, mejorando su aprendizaje y su comunicación. Por otro lado, se evidenció que los estudiantes presentaron una dificultad significativa en los problemas que se basaban en las relaciones de masas expresadas en gramos.

Consecuentemente, la mayoría de los estudiantes están de acuerdo que la metodología aplicada mejoró notablemente su comprensión de la temática. Esto puede deberse al espacio que se les presentó para el debate y análisis en grupos. Además, el software aplicado ayudo notablemente a mejorar la comunicación y el dialogo.

De acuerdo a lo anterior, este estudio en primer lugar permitió evidenciar la pertinencia y eficacia para el aprendizaje el uso de las discusiones y análisis entre pares y entre estudiante-profesor, para el aprendizaje tanto de la química como en especial para la estequiometría. Así mismo, se rescata para la creación de los test a aplicar, el empleo de gráficas que permitan representar las relaciones proporcionales de las ecuaciones químicas y la estructura y asociación de las moléculas, todo en un nivel de representación submicroscópico. Todo ello, teniendo en cuenta las respectivas limitaciones e implicaciones de la utilización de estos elementos representacionales.

Por otro lado, se encuentra pertinente no mezclar en una misma pregunta respuestas cualitativas y cuantitativas, pues esto no solo genera confusión en el estudiante sino que gasta recurso cognitivo, desgata la capacidad interpretativa y sobrecarga la memoria de trabajo del estudiante, además de otras dificultades. Por tanto, a pesar que se abordarán en los test los dos tipos de explicaciones, se pretende que cada pregunta solo posea un tipo de respuesta, ya sea cualitativo o cuantitativo, con el fin de no cometer el error encontrado. Lo anterior se debe a que las preguntas cuantitativas nos permiten evidencias las operaciones lógico-

matemáticas que el sujeto pone en juego, en nuestro caso la proporcionalidad; mientras que las preguntas cualitativas ponen en juego la interpretación y relación conceptual.

Así mismo, se evidencia la importancia de considerar dentro del aprendizaje de la estequiometría, el desarrollo e implicación del pensamiento proporcional, pues éste es quien permite darle significado y comprensión a dicha temática. Esto se debe a que es el esquema de la proporcionalidad el que le permite al sujeto darle sentido y realizar los cálculos estequiométricos en las reacciones químicas. Situación que se descuida y no se tiene en cuenta en la propuesta presentada por los investigadores, aumentando significativamente la complejidad de dicha temática y generando aprendizajes mecánicos no conscientes.

Finalmente, es pertinente incluir la diferenciación e integración de los niveles de representación durante los problemas estequiométricos que realiza los sujetos. Pues esto permite una continua comprensión en los estudiantes. Situación que no se vio significativamente reflejada en la propuesta.

En conclusión, los antecedentes nos han permitido observar la relación interdependiente que existe entre los contenidos de la ciencia y los esquemas de pensamiento formal, como también las implicaciones, dificultades y limitaciones que existen para la enseñanza y aprendizaje de la estequiometría. En este sentido, la propuesta de los núcleos conceptuales permite observar para cada uno de sus núcleos, cuáles son las concepciones alternativas, las dificultades y limitaciones, los conceptos, fenómenos o leyes de la química y esquemas de pensamiento asociados. Por tanto en el núcleo conceptual de las relaciones cuantitativas, encontramos a la estequiometría, la cual está en interacción recíproca con el esquema de la proporcionalidad. Además, se evidenció que una de las principales dificultades de la anterior, está en relación a la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, pues al no poder lograrse hacer dicha diferenciación el aprendizaje de la estequiometría aumenta enormemente su complejidad.

### **1.3 PROBLEMÁTICA**

Durante el proceso de construcción del conocimiento no solo es necesario que los estudiantes posean una serie de conceptos, sino que además es importante que ellos puedan utilizarlos y darles sentido. Sin embargo, para lograrlo ellos deben superar diferentes dificultades que aparecen en el aprendizaje de las ciencias, complejizando dicho proceso. Muchas de estas dificultades, están en relación con la naturaleza abstracta de muchas de sus teorías y conceptos, con los niveles de representación en donde los mismos son interpretados y el tipo de habilidades

cognitivas de manejo e interpretación de información que les exigen tener dichas teorías o conceptos para lograr comprenderlas.

Por tal motivo, es importante el desarrollo de esquemas de pensamiento formal que les permitan poder manipular e interpretar la información que adquieren, de forma que logren resolver problemas cotidianos y científicos. Así mismo, la naturaleza de la ciencia implica en su comprensión el desarrollo de dichas habilidades (Pozo y Gómez Crespo, 2009), pues sin éstas el estudiante no logra poseer todas las herramientas necesarias para poder interpretar fenómenos naturales y resolver problemas.

Esto es dado, principalmente a que la ciencia se centra no solo en lo real y concreto, sino que más bien se refiere a lo posible y probable. Todo ello, le otorga alto nivel de abstracción, pues al no atarse a la realidad inmediata y explicar los fenómenos a través de modelos teóricos, su comprensión e interpretación requiere de un alto nivel de desarrollo cognitivo, el cual se perfecciona en el estado formal.

Sin embargo, algunas investigaciones (Contreras y García, 2008; García de Cajén et al., 2002) muestran que la escuela a través del currículum y las actividades de aprendizaje le asignan poca importancia a situaciones que le brinden al sujeto la posibilidad de comenzar a desarrollar de forma progresiva los esquemas de pensamiento formal<sup>3</sup>, los cuales subyacen a los diferentes contenidos del currículum de las ciencias. Por tanto, el anterior hecho limita el desarrollo del pensamiento hipotético deductivo de los estudiantes en las ciencias, materializándose en la falta de interés y bajo rendimiento académico durante el estudio de estas disciplinas.

De ahí que, a nivel internacional los educadores en ciencias han comenzado a aumentar el interés por el diseño de tareas de aprendizaje que les brinden la posibilidad a los estudiantes de desarrollar los esquemas de pensamiento formal a lo largo de su escolaridad, los cuales les permitan comprender, interpretar y analizar contenidos y conocimientos de la ciencia, como también poder desarrollar y solucionar situaciones problema.

---

<sup>3</sup> Piaget citado por Flavell (1987), nos expone que una de las características más importantes del desarrollo del pensamiento formal del sujeto, hace referencia a la capacidad de un pensamiento hipotético y reversible el cual le permite interpretar hechos e información, y al compararlo con los conocimientos previos que posea, crea hipótesis sobre cuál es la mejor solución del problema, los relaciona y los evalúa, para después decidir cuál es su respectiva respuesta. Así mismo, se plantea que existen 8 esquemas de pensamiento, los cuales le permiten al sujeto pensar hipotética y deductivamente.

Por ejemplo, en Inglaterra se diseñó, implementó y evaluó el proyecto CASE (Adey, Shayer, y Yates, 2001). En el contexto colombiano, también, se despertó el interés por intervenir cognitivamente a los estudiantes a través de la educación en ciencias, para ello, se adaptaron y ajustaron la serie de tareas formuladas en el proyecto CASE a los antecedentes socioculturales de la población colombiana (Uribe, 2003). Se destaca que este tipo de programas tiene como objetivo central, brindarle la oportunidad al estudiante de comenzar a desarrollar patrones o habilidades de razonamiento de orden superior, a partir de actividades experimentales y mediadas por las teorías de aprendizaje cognitivo y sociocultural.

No obstante, investigadores en la educación (Carretero et al., 1992; Pozo et al., 1991; Pozo y Gómez Crespo, 2009) han evidenciado que el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal está fuertemente relacionados con los contenidos conceptuales de la ciencia. De hecho, aprender y utilizar determinado conocimiento requiere del estudiante el uso de un determinado esquema; y del mismo modo, el desarrollo de cierto esquema puede lograrse a través de un determinado concepto científico.

En este sentido, a pesar de la gran riqueza teórico práctica que fundamenta al conjunto de tareas del programa CASE (Adey et al., 2001) y PENSAR CON LA CIENCIA (Uribe, 2003), se evidencia en ellos la dificultad de vincular de manera explícita los esquemas de razonamiento formal con los contenidos del currículum de la ciencias dentro de un curso específico de esta disciplina. Por ejemplo, en PENSAR CON LA CIENCIA se aborda el esquema de proporcionalidad directa a través de la lección, *la carreta*. Sin embargo, el vínculo de este esquema con un tópico del currículum de la ciencia no se establece de manera explícita. Situación que quizás, dificulta tanto el aprendizaje de los contenidos de las ciencias como el desarrollo de los esquemas de pensamiento formal, dado que ambos elementos se afectan mutuamente. Es decir, el primero le permite al sujeto darle sentido a los contenidos, en tanto el segundo, le brinda la posibilidad de comenzar a desarrollar dichos razonamientos formales (Pozo y Gómez Crespo, 2009).

La anterior problemática se puede encontrar en la enseñanza y aprendizaje de las diferentes disciplinas de las ciencias y los esquemas conceptuales<sup>4</sup> que subyacen

---

<sup>4</sup> Podemos conceptualizar a los esquemas conceptuales como, aquellos esquemas operatorios del pensamiento formal que son apropiados dentro de un dominio o campo de conocimiento específico de la ciencia. En este sentido, la diferencia entre los esquemas conceptuales y los esquemas formales, radica en que los últimos son conceptualizados en la psicología cognitiva como habilidades de pensamiento del estado formal, mientras que los esquemas conceptuales pozo los conceptualiza cono habilidades de pensamiento formal que poseen una relación con los conocimientos específicos de la ciencia, haciendo que ambos se codeterminen mutuamente.

a éstas, hecho que ha llevado a los educadores en química a querer superar dicha dificultad. En este mismo sentido, Pozo y Gómez Crespo (2009) han evidenciado que dicha dificultad radica en la falta de relación que establece el maestro entre los núcleos conceptuales y los esquemas conceptuales. Estos tres núcleos conceptuales radican su problemática en la relación conceptos-esquemas de razonamiento expuestos anteriormente, Pozo en este artículo nos informa que estos tres núcleos conceptuales son:

1. La comprensión de la materia como algo discontinuo.
2. La conservación de propiedades no observables.
3. La cuantificación de relaciones.

Pozo enfatiza que el principal problema para el tercer núcleo, el cual será nuestro objeto de estudio, es el esquema de proporcionalidad que debe de poseer el estudiante al realizar la mayoría de los cálculos e interpretaciones de reacciones y disoluciones de la química.

Esto es debido principalmente a que el esquema de la proporcionalidad como nos indica Inhelder y Piaget citado por Pozo *et al.* (1991), es el que: “Supone el conocimiento de igualdad entre dos razones y de la existencia de una relación multiplicativa entre sus miembros... la comprensión de las proporciones depende totalmente de la construcción de las operaciones formales”. Dicho esquema, al no ser desarrollado total o parcialmente por el estudiante, le genera grandes dificultades durante la resolución de problemas químicos cuantitativos, debido en gran medida al número de proporciones que los diversos cálculos manejan y al procesamiento y manejo de la información, pues sin este esquema no se pueden realizar dichas operaciones de forma comprensiva.

Dentro de este núcleo, encontramos gran diversidad de contenidos conceptuales importantes para el aprendizaje de la química. Uno de ellos, es la estequiometría, la cual es el estudio de las relaciones cuantitativas de reactivos y productos durante una reacción química. Ésta, involucra paralelamente el desarrollo de cálculos cuantitativos y el esquema de la proporcionalidad. En donde por medio del esquema los sujetos pueden desarrollar los cálculos cuantitativos y gracias a estos últimos se desarrolla el esquema de la proporcionalidad.

En este sentido, el aprendizaje de la gran idea de la estequiometría resulta complejo, dado que ésta presenta un alto nivel de abstracción, además involucra razonamientos cuantitativos, pues los fenómenos que representan se encuentran dentro del plano submicroscópico, los cuales se resuelven y entienden a nivel simbólico. En este sentido, un bajo desarrollo del esquema de la proporcionalidad,

les impide a los estudiantes poder comprender las relaciones que se establecen entre los diferentes elementos y cómo éstas determinan su comportamiento. Por tanto, mediante dicho esquema el estudiante puede comprender, interpretar y desarrollar problemas que involucren dicho tópico.

En particular, con el fin de ayudar a dar solución a la problemática planteada, se tomó la decisión en este estudio de analizar la relación existente entre la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad que la funda, a lo largo del aprendizaje y el desarrollo de estos elementos. Así pues, la primera es considerada por la comunidad de educación en química como uno de los contenidos que presenta mayor dificultad para su aprendizaje por comprensión conceptual, en tanto el segundo aspecto, requiere de una alta inversión cognitiva para alcanzar un desarrollo de nivel superior.

Principalmente se seleccionó, este concepto debido a las dificultades que se pueden presentar durante su aprendizaje y aplicación dadas sus características altamente operatorias en términos de manejo de información, cálculo y principalmente la proporcionalidad entre las variables que se manejan dentro de los cuestionarios y problemas.

Tomando en cuenta los anteriores presupuestos, este estudio tiene como fin dar respuesta al siguiente interrogante:

¿Cómo influye el esquema de proporcionalidad en el aprendizaje de la gran idea de la estequiometría en los estudiantes de grado 11 de la Institución Educativa Eustaquio Palacios?

## CAPITULO II:

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 LA OBSERVACIÓN Y LA COMUNICACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO

La construcción del conocimiento posee una serie de “etapas”, si se pueden llamar así, las cuales no necesariamente poseen un orden cronológico o una secuencialidad fija; pero que intervienen en el proceso de construcción. En primer lugar tenemos a la observación, la cual defino de antemano según Fourez como: *“observar es una interpretación; es integrar determinada visión en la representación teórica que nos aseamos de la realidad”* (2006 pág. 28). Desde esta perspectiva, la observación es el medio por el cual, nosotros como individuos nos relacionamos con un objeto, cosa o fenómeno de forma presencial o indirecta. En ella nuestro contacto con ese ente a interpretar, el cual desconocemos, se realiza a través de los sentidos y nuestra cognición. Es así pues que cuando observamos, aquello que se observa pasa por dos filtros principales, nuestros sentidos y nuestra cognición.

Desde esta perspectiva, no podríamos decir que la observación pueda ser pasiva, antes por el contrario, el acto de observar es claramente un proceso activo, el cual se lleva y se dirige por las características de quien observa, o en términos más simples, dadas las características del observador, así mismo el objeto observado se interpreta. En otras palabras, dadas las particularidades del observador, la observación será regida por los intereses, creencias, costumbres, contexto, filosofía, política, visión del mundo, etc., y demás criterios que posee el observador como sujeto dentro de una cultura, es así que todas las subjetividades del observador pueden intervenir directa o indirectamente en la interpretación de dicho objeto o fenómeno a estudiar.

Dicha observación posee una estructura o un mecanismo, de acuerdo Fourez *“cuando observo “algo” siempre tengo que describirlo, para lo cual siempre tengo que utilizar una serie de nociones que ya tenía antes; éstas se refieren siempre a una representación teórica, generalmente implícita. Sin esas nociones que me permiten organizar mi observación, no sé qué decir; y en medida en que carezca de un concepto teórico adecuado, estoy obligado a apelar a otros conceptos de base.”* (2006, pág. 27). En síntesis, el primer paso de la observación es referirse o apelar a las concepciones que se poseen antes (preconceptos), no obstante, si no poseo dichos conceptos que me expliquen o me den suficiente información sobre el objeto observado, lo siguiente será describir el objeto en base a las características físicas o funcionales que se puedan percibir por nuestros sentidos. Desde este punto, en

la observación se hace más evidente el carácter subjetivo de la misma, pues como afirma Fourez: *“solo veré las cosas en la medida en que éstas se correspondan con cierto interés”* (2006, pág. 27). Lo que esto nos dice, es que cuando describimos las características que percibimos con nuestros sentidos del objeto estudiado, percibiremos en mayor o menor proporción o algunas y otras no, de acuerdo a que dichas características sean relevantes para nosotros mismos, o en términos más coloquiales, solo veremos lo que queramos ver. De esta forma, cada persona puede percibir distintos o iguales características del mismo fenómeno, lo que haría que dichas percepciones fueran semejantes o diferentes sería entonces las características culturales, físicas y cognitivas que comparten o discrepan entre las dos personas.

Es así pues que el acto de observar, se convierte en una interpretación que hace el observador del objeto, la cual está muy permeada de las concepciones y percepciones que el sujeto ya posee, de esta forma solo es posible observar en base a nuestros conocimientos previos, a nuestra cognición y experiencias previas en relación a dicho objeto o fenómeno observado. En esta medida, el siguiente paso es darle un orden lógico a las interpretaciones que hacemos, de acuerdo a como estas se integran con el objeto (Ver figura 1). En esta etapa para cada interpretación que hayamos realizado se creará una antítesis (asumiendo que nuestra tesis es una de las interpretaciones que ponemos en cuestionamiento) la cual pone en debate el carácter de concordancia de nuestra interpretación; lo que nos obliga a *entrar en contacto con el objeto y comprobar la concordancia de nuestra tesis o antítesis*, o lo que es lo mismo, comienza la experimentación.



*Figura 1:* esquema que ilustra el proceso de construcción de conocimiento.

De acuerdo con lo anterior, se podría inferir que hasta este punto ya existe una construcción de conocimiento, y en cierto grado sí, sin embargo el proceso de construcción sería incompleto, puesto que las interpretaciones construidas de algún modo solo responderían a nosotros mismos, y no nos permitirían comunicarnos con otros sujetos. En otras palabras, podemos interpretar de acuerdo a lo anterior que cada sujeto está en las condiciones de realizar una interpretación distinta de un mismo objeto al compararlo con otro sujeto.

Esto nos lleva a un problema de comunicación entre ambos sujetos, pues si ambas interpretaciones son diferentes, los dos sujetos no podrán comunicarse de forma correcta, pues cada uno lo hará en los términos que le es propio. Es por tal motivo que el siguiente paso en la construcción colectiva, aquí los sujetos relacionan sus saberes e interpretaciones. Rechazan, observan juntos y aceptan sus ideas, es aquí donde ambos sujetos crean un punto de igualdad entre las dos concepciones que poseen con el fin de crear una interpretación que satisfaga a ambas partes. Este punto de equilibrio o mejor dicho este conocimiento que es relativamente homogéneo para un determinado grupo social, es lo que llamamos Hecho. De acuerdo a Fourez, un hecho es *“un modelo teórico de interpretación el cual es indiscutible, que nadie dentro de una sociedad se cuestiona”* (2006, pág. 29).

Es desde esta perspectiva y necesidad de crear puntos de igualdad entre las diversas interpretaciones que se realizan del mundo, que existe la ciencia, como una entidad por la cual se construyen conceptos colectivamente que nos permita crear una interpretación universal sobre el mundo, o en otras palabras es *la entidad por la cual se construyen conceptos que nos permitan construir una visión homogénea del mundo con el fin de que podamos comunicarnos*.

Fourez nos ilustra un poco de este carácter social de la ciencia, como un medio por el cual se debaten diferentes perspectivas e interpretaciones sobre el mundo, y es escogida la que logre integrar los criterios que la sociedad consideren los más relevantes y que permiten comunicarse entre ellos, entendiéndose la comunicación como un proceso en el que ambas partes comparten criterios semejantes o parecidos que les permiten relacionarse e interactuar con un mismo objeto o situación.

## 2.2 COGNICIÓN Y RAZONAMIENTO

### 2.2.1 Estructura cognitiva:

Como se mencionó anteriormente, durante el proceso de construcción de conocimiento del sujeto, la estructura cognitiva interviene fuertemente en el manejo

y organización de la información. Esto significa, que la estructura cognitiva del sujeto es la que le permite manipular la información y trabajar con ella, en otros términos, es el medio y la herramienta con la cual el sujeto construye e interpreta información.

### 2.2.2 Razonamiento:

Flavell (1998), expone que una de las características más importantes en el desarrollo de un pensamiento racional, es la capacidad de un pensamiento hipotético y reversible. Este, permite interpretar hechos e información y al compararlo con conocimientos previos que posea, crea hipótesis sobre cuál es la mejor solución del problema, los relaciona y los evalúa, para después decidir cuál es su respectiva respuesta.

Desde esta perspectiva, el razonamiento es la capacidad del individuo de utilizar sus habilidades cognitivas con el fin de interpretar una información o situación, darle sentido, comprenderla y buscar la respuesta más favorable entre muchas otras. En síntesis, el razonamiento es un pensamiento principalmente del estado formal, donde el sujeto pone en función sus habilidades cognitivas o esquemas de pensamiento con el fin construir interpretaciones que le permitan adaptarse a un ambiente.

De acuerdo a García de Cajén et al. (2002), el razonamiento es “la capacidad del individuo para plantearse preguntas y *hablar consigo mismo*, cuando resuelve problemas, para así comprobar interiormente sus planteamientos hipotéticos y tomar decisiones razonadas”.

Congruentemente a esta definición, Piaget nos presenta unos estadios en el desarrollo de los niños, en donde las habilidades de razonamiento, las cuales él llamo esquemas, crecen, se desarrollan y se complejizan, con el fin de permitirle al niño interactuar y entender el mundo. Dichos estadios son: el periodo sensorio motor, preoperatorio, operaciones concretas y operaciones formales. En cada uno de estos periodos, se desarrolla en el niño una serie de esquemas o habilidades que le faciliten su adaptación a su entorno.

Para nuestro trabajo nos centraremos en las habilidades que se desarrollan en el periodo de operaciones formales, pues es en este periodo donde se desarrollan las habilidades o esquemas más importantes para el pensamiento racional.

## 2.3 DESARROLLO DEL PENSAMIENTO DESDE PIAGET:

### 2.3.1 Periodo de operaciones concretas por Piaget:

Para Flavell (1998), el periodo de operaciones concretas es una de las etapas más importantes en el desarrollo cognitivo del niño, pues es aquí donde el niño opera en un plano de la realidad completamente nuevo, el parece dominar un sistema cognoscitivo con el que organiza y manipula el mundo, además, se comienzan a presentar indicios de un pensamiento hipotético, el cual para Piaget es una etapa fundamental de su desarrollo.

Es en este periodo de formación, donde las acciones cognoscitivas del niño se hacen cada vez más internalizadas, esquemáticas y móviles, proporcionándole esquemas de coherencia para formar sistemas de acciones cada vez más complejas e integradas. No obstante, dicho periodo será el precursor, y me atrevería a decir que es la base para el desarrollo de un pensamiento más complejo y analítico, pues, como ya se mencionó, al comenzarse a desarrollar un pensamiento hipotético el niño mayor en contraposición con uno menor, será capaz de prestar mayor atención a las transformaciones, estados, coordinación y reversibilidad de sus pensamientos. Esto quiere decir, que el niño mayor está en capacidad de poder definir un objeto o una situación a través de las características y hechos que observa, además y mucho más importante, tendrá la capacidad de pensar hipotéticamente otras definiciones del mismo objeto a partir de los mismos hechos y caracteres. Con lo último, quiero enfatizar que el niño comenzará a deducir otras posibles respuestas del mismo fenómeno, sin enmarcarse únicamente a una sola respuesta.

En la *psicología evolutiva de Piaget* escrito por Flavell<sup>5</sup>, se ilustra que en el periodo de las operaciones concretas, se desarrollan más habilidades igualmente importantes, que caracterizaran y delimitaran los alcances del pensamiento cognitivo del niño en esta edad. Comenzaremos afirmando que una de las características claves del pensamiento en este periodo son las propiedades de *composición, sociabilidad, identidad y reversibilidad*. Sin embargo, estas características no se desarrollan a priori, Piaget define una serie de agrupamientos en los cuales se comienzan a desarrollar la estructura cognoscitiva y la organización de las operaciones lógicas. Tales agrupamientos son modelos de cognición en varias esferas del esfuerzo intelectual, siendo nueve en total. Estos, a su vez poseen propiedades de reticulado, el cual para Piaget consiste en una serie de elementos

---

<sup>5</sup> Esta obra es una recopilación de la teoría de Piaget sobre el desarrollo cognitivo, en donde Flavell resume y recopila los principales aportes de las obras escritas por Piaget. Adicionalmente, Piaget reconoce el trabajo de Flavell como una excelente recopilación de su obra, incluso explicando partes de la misma mucha más claras y precisas.

y una relación entre dos o más elementos jerárquicos de clase; más adelante explicaremos la importancia de estos dos puntos anteriores.

Los nueve agrupamientos mencionados en el párrafo anterior se pueden clasificar en: uno menor o preliminar, cuatro mayores que se relacionan con las operaciones de clase y los cuatro restantes con operaciones de relación. Cada uno de estos agrupamientos desarrolla habilidades y destrezas importantes en el niño, potenciando y desarrollando cada vez más la formación cognoscente. Sin embargo, es importante señalar que cada agrupamiento posee 5 propiedades que definen su estructura, los primeros cuatro: *composición*, *sociabilidad*, *identidad general* y *reversibilidad* son propiedades de grupo y el último: *identidades especiales*, *de reticulado*.

El primer agrupamiento muestra las capacidades para efectuar *composiciones transitivas e inversas*, esto quiere decir, que el niño mayor se muestra mucho más libre en la composición de clases *jerárquicas* respecto a varios objetos, es capaz de crear, destruir y reorganizar sistemas *clasificatorios* y *jerárquicos* de diferentes objetos de acuerdo a como considere más adecuado. En nuestro segundo agrupamiento, las clasificaciones y jerarquías se vuelven más complejas y específicas, logrando que el niño sea capaz de crear dentro de una misma clase una o varias *subclases* que le permitan diferenciar de forma más precisa un objeto o situación. El tercer agrupamiento, muestra la capacidad de clasificar igual que el punto anterior pero, agregando caracteres uno a uno entre dos diferentes objetos con el fin de especificar y mejorar el criterio de clasificación o jerarquía, aquí *un mismo objeto es clasificado al compartir características con otro objeto*. En nuestra cuarta agrupación, la compartición de caracteres que ayudan a clasificar del punto anterior toma un nuevo avance, en este punto, un solo objeto puede pertenecer a diferentes clases y jerarquías de acuerdo a los caracteres compartidos que posea, esto significa que el niño puede dar *varios caracteres a un mismo objeto* y clasificarlo en diversos grupos de acuerdo a esos mismos caracteres.

Terminado el cuarto agrupamiento, comenzaremos con los otros cuatro grupos importantes que enfatizan en operaciones de relación. El quinto agrupamiento, muestra el desarrollo de encontrar *diferencias* entre los objetos y las situaciones, con el fin de poderlas luego clasificar y jerarquizar. En esta etapa, el niño puede reconocer las diferencias entre dos objetos distintos y en base a eso organizarlas en niveles estratégicos y jerárquicos en un orden establecido. El sexto agrupamiento trata sobre los criterios de *igualdad* que se desarrollan, aquí el cognoscente apoyándose en el punto anterior puede encontrar caracteres equivalentes entre dos estructuras, objetos o situaciones claramente diferentes, por consiguiente, sus

niveles de clasificación y jerarquización suben a un nuevo nivel mucho más complejo.

Por otro lado, el séptimo agrupamiento, no es más que la unión entre el quinto y el sexto, pues en este estado el niño desarrolla series y *patrones clasificatorios y jerárquicos combinando las igualdades y diferencias*, por lo tanto, puede crear dos o más sistemas clasificatorio distintos que interactúan y relacionan entre sí. Para entender este punto, podemos utilizar la analogía de plano cartesiano, donde el eje X es una clasificación y el Y otra, al interactuar estos dos planos el niño puede desarrollar múltiples sistemas alternativos de clasificación, en donde la correspondencia de los valores de Y para uno solo de X es una nueva clasificación o viceversa. En el punto anterior, si bien al relacionar las igualdades y diferencias para desarrollar un sistema de clasificación mucho más complejo, tales igualdades y diferencias se desarrollaban uno a uno, una diferencia con una igualdad; pero en nuestro octavo agrupamiento el criterio de clasificación cambia a *una igualdad y varias diferencias o viceversa*. Aquí, el niño no compara un solo objeto con otro sino que, comparará todas las características (igualdades y diferencias) de dicho objeto con otros más, aumentando en un último nivel la complejidad de clasificación y jerarquización.

*“Si una persona aprende plenamente la naturaleza básica de las clases y de las relaciones, y las posibles operaciones que puede efectuarse con ellas, entonces es posible atribuirle estructuras cognoscitivas que se aproximan a los nueve agrupamientos”* (1998, p. 208).

Según Piaget citado por Flavell, podemos afirmar que, el niño del subperiodo operacional concreto muestra determinadas cualidades cognoscitivas generalizadas y más o menos intangibles que sugiere la presencia de una estructura semejante al del agrupamiento, las que en periodo preoperacional están ausentes. Por consiguiente, los niños mayores poseen una conducta cognoscitiva que sugiere que sus acciones surgen de un sistema coherente e intercoordinado. Tal estructura cognoscitiva, le permite crear pensamientos hipotéticos reversibles con los cuales interpreta el mundo, lo estructura, le da importancia y modifica.

A manera de conclusión, aunque en la etapa de las operaciones concretas se desarrolla un pensamiento hipotético y reversible, está fuertemente limitado al presente. Si bien, el niño puede desarrollar pensamientos hipotéticos respecto a situaciones que vive, es incapaz de realizar el mismo pensamiento hipotético a situaciones que no vivencia, esto significa que no puede pensar hipotéticamente sin un estímulo que lo incite a hacerlo. En último, el niño de 6 a 11 años aunque domina los dos tipos de operaciones reversibles, que se encuentra en los grupos de

operaciones concretas, pero no posee un sistema total que le permita coordinar a ambas y así resolver problemas de variables múltiples.

### 2.3.2 Periodo de las operaciones formales por Piaget:

Piaget citado por Flavell, nos expone que una de las características más importantes del desarrollo del pensamiento formal del sujeto, hace referencia a la capacidad de un pensamiento hipotético y reversible el cual le permite interpretar hechos e información, y al compararlo con los conocimientos previos que posea, crea hipótesis sobre cuál es la mejor solución del problema, los relaciona y los evalúa, para después decidir cuál es su respectiva respuesta. Así mismo, se plantea que existen 8 esquemas de pensamiento, los cuales le permiten al sujeto pensar hipotética y deductivamente.

En este sentido, la teoría Piagetiana nos propone una serie de estadios que intentan explicar el desarrollo de las capacidades de razonamiento en el sujeto, en donde éste alcanza su cúspide en el estado Formal. Dicho estadio se caracteriza principalmente por ser un razonamiento de orden hipotético deductivo, el cual le permite al sujeto interpretar y relacionarse con la realidad partiendo no solo desde lo concreto (contacto directo con objetos, hechos o fenómenos) sino desde interpretaciones, relaciones, conocimientos o hipótesis que ha construido con el objetivo de solucionar un problema. Es de esta forma que, la naturaleza del pensamiento formal es de carácter proposicional, ya que los razonamientos que se realizan se centran más en lo posible que en lo tangible.

En consecuencia, esta habilidad que se desarrolla en el estado formal, es fundamental para la formación de los niños en el ámbito educativo, pues este tipo de pensamiento es el característico de la ciencia, dado que ésta trata de establecer leyes o principios que permitan explicar y entender el funcionamiento y comportamiento de la naturaleza. Aunque la ciencia explique muchas de sus teorías y leyes a partir de fenómenos concretos, todas sus interpretaciones y explicaciones pasan a ser de carácter general, lo cual permite interpretar algunos o todos los comportamientos posibles que adquiere la naturaleza en determinados fenómenos. Es por tanto que, para la escuela es de suma importancia desarrollar un pensamiento formal, pues solo éste le permitirá al estudiante interpretar y utilizar de forma adecuada y eficiente los conocimientos científicos (Pozo y Gómez Crespo, 2009).

En este sentido, los esquemas de pensamiento formal son aquellas habilidades cognitivas de alto nivel que le permiten al sujeto poder manipular e interpretar la información que adquiere, de forma que logren resolver problemas cotidianos y

científicos. Por tanto, son los encargados de realizar las operaciones mentales dentro de la cognición del sujeto y permitirle manipular, analizar, interpretar, comprender y explicar los fenómenos con los que interactúa. Estos son:

- *Las operaciones combinatorias*: en este esquema el sujeto realiza combinaciones entre variables con el objetivo de lograr un determinado efecto. Este tipo de operaciones responden a las permutaciones, las combinaciones entre variables y al control de variables.
- *Las proporciones*: Le permite al sujeto establecer las relaciones que hay entre dos variables y percibir como estas se afectan mutuamente.
- *La coordinación de dos sistemas de referencia*: le permite al sujeto interpretar situaciones en las que dos sistemas interactúan.
- *La noción de equilibrio mecánico*: le permite al sujeto comprender un estado de igualdad o equilibrio entre dos acciones, variables o fenómenos.
- *La noción de probabilidad*: le permite al sujeto crear mentalmente situaciones posibles, de las cuales deduzca posibles comportamientos y respuestas a diversos problemas.
- *La noción de correlación*: combinación de la proporción y la probabilidad, le permite al sujeto determinar causas.
- *Compensaciones multiplicativas*: requiere el esquema de la proporción para desarrollar la proporcionalidad inversa entre dos variables.
- *Las formas de conservación que van más allá de la experiencia*: establece leyes de conservación de propiedades y características no observables.

## **2.4 PATRONES DE RAZONAMIENTO DEL PROGRAMA PENSAR CON LA CIENCIA:**

El programa PENSAR CON LA CIENCIA desarrollado por el Profesor Carlos Julio Uribe, es una adaptación del Programa CASE (Adey et al., 2001), en donde se retoman la serie de actividades y propósitos del proyecto original. En este sentido, el proyecto del profesor Uribe comparte también el objetivo de ayudar a los estudiantes a desarrollar el pensamiento formal, el cual está constituido por esquemas de pensamiento. Por tanto, la serie de actividades propuestas están secuenciadas de forma que le ayuden a los estudiantes a paulatinamente ir desarrollando sus esquemas de pensamiento y en consecuencia el pensamiento formal.

En consecuencia, uno de los principales aportes e importancia de este proyecto, es que hace parte una de los intentos a nivel nacional de desarrollar el pensamiento formal y ayudarles en consecuencia a los estudiantes a mejorar sus aprendizajes

sobre la ciencia. Pues como se ha mencionada, el pensamiento científico no es otro que el formal, por lo que los estudiantes que desean aprender las ciencias necesitan desarrollar este nivel de pensamiento.

A continuación se enuncian los patrones de razonamiento utilizados por el programa PENSAR CON LA CIENCIA, los cuales son interpretados y redefinidos del texto original del programa del profesor Carlos Julio Uribe de la Universidad del Valle. Estos, son una adaptación a los esquemas de pensamiento formal propuestos por Piaget.

#### Control de variables:

Durante el desarrollo de una práctica experimental es muy cotidiano tener que controlar una o varias variables, en lo cual el científico cambia una variable con el fin de identificar el efecto que ésta ocasiona a las demás. Ésta habilidad, cobra vital importancia para el desarrollo de los estudiantes dado que, les permite interpretar relaciones de causa y efecto entre las variables que usan dentro de sus prácticas experimentales. Así mismo, esta capacidad trasciende la escuela al permitirle al sujeto poder decidir en los problemas cotidianos que decisiones desea tomar y como éstas afectaran su vida, dadas sus consecuencias, es aquí donde el desarrollo de este esquema le permite al sujeto poder tomar un poco más de control dentro de las situaciones problema que se le presente y poder analizar cuál es la mejor solución. A su vez, las actividades propuestas les permiten a los estudiantes poder desarrollar este esquema al introducirlos en situaciones en las cuales deben controlar el valor de una variable y observar cuales son todos los posibles valores que ésta arroja, para posteriormente saber y predecir cuál será el resultado de una variable al cambiar otra.

#### Clasificación:

Durante el estado concreto, el sujeto desarrolla fuertes y distintas habilidades de clasificación que le permitan agrupar y analizar la información, sin embargo, es solo en el estado formal en el que el sujeto toma conciencia sobre los criterios que ha realizado para la clasificación de determinados objetos. Es pues que solo aquí, el sujeto puede utilizar el mismo sistema y criterios para clasificar una gran diversidad de objetos o situaciones. Así mismo, el sujeto puede crear nuevas agrupaciones con diferentes criterios en base a los mismos objetos, lo que demuestra un mejor desarrollo en su habilidad de clasificar y a su vez es capaz de tomar control de los diversos sistemas clasificatorios que posee para realizar diversas agrupaciones de acuerdo a los propósitos que se plantea.

#### Razones y proporcionalidad:

Durante las actividades experimentales, encontramos que las variables que trabajamos no son independientes la una de la otra, sino que ambas están relacionadas de una u otra forma. Como se demostró, en el esquema de control de variables, al controlar una variable la otra se ve afectada, sin embargo en este esquema no se toma conciencia de cuál es la relación entre ambas y como es que las afecta. No obstante es este esquema, el sujeto analiza e interpreta la relación que existe entre dos variables, como cambian, y en que proporciones lo hacen. Aquí la razón sería el elemento por el cual las dos variables son afectadas, y la proporcionalidad es la interpretación de pensar que al estar las dos variables relacionadas los cambios que sufre una consecuentemente lo sufrirá la otra en la misma proporción.

Proporcionalidad inversa y equilibrio:

En el caso anterior, se construye la idea de proporcionalidad, pero en este esquema las relaciones entre las variables se complejiza un poco más, pues la relación entre las variables ya no es directa sino que es inversa, lo que hace que el análisis cambie. Aquí el sujeto interpreta que el cambio que sufre una variable para crecer hace que la otra decrezca en las mismas proporciones, aunque no sea en la misma cantidad.

La noción de equilibrio, es mucho más complicada, pues el sujeto debe de ser consciente de que para que el sistema se mantenga constante las dos variables que utiliza se afectan mutuamente de forma inversa. Esto es mucho más complejo que lo anterior, pues el sujeto debe de trabajar y ser consciente de la relación de proporcionalidad inversa entre las dos variables, en este sentido el sujeto debe asumir que independientemente de la variable que escoja, la modificación que haga afectará inversamente a la otra, con el objetivo de mantener en equilibrio al sistema.

Probabilidad y correlación:

El esquema de probabilidad, es el que le permite al sujeto poder predecir cuál es el resultado al intervenir o modificar una variable dentro de un sistema. Así mismo, en un grado más complejo, el sujeto comienza a realizar predicciones sobre el comportamiento y resultado de una situación o sistema dependiendo de las modificaciones que ha realizado, pero a su vez es capaz de integrar razones debidas al azar y la causalidad.

La correlación es la que le permite interpretar las relaciones e interacciones que se establecen entre las variables y los determinados cambios que sufren, es pues que el sujeto analiza que cualquier modificación u alteración que recibe un sistema hace que el mismo se vea afectado, cambiando sus valores. Así mismo, toma conciencia de este grado de reciprocidad, para analizar y poder predecir de forma más avanzada y exacta las consecuencias de la intervención que sufra un sistema.

## 2.5 LOS TRES NIVELES DE REPRESENTACIÓN DE LA QUÍMICA:

La química en su forma más general se centra en el estudio de la estructura, propiedades y transformaciones de la materia. Sin embargo, gran parte de las teorías y conceptos que se han construido poseen un alto nivel de abstracción, debido a la poca proximidad de los mismos con el mundo tangible. En este sentido, Johnstone (1982) en su investigación considera que el marco conceptual de ella está formada por tres niveles de representación: el submicroscópico, el simbólico y el macroscópico.

Por tanto, estos niveles son el medio en donde se interpreta, representa y se trabajan los fenómenos, conceptos y teorías de la química. Así mismo, estos tres niveles de representación están en interacción por lo que conforman un sistema que permite comprender y explicar los fenómenos químicos.

Sin embargo, se reconoce que en la actualidad los tres niveles de representación propuestos por Johnstone presentan controversias (Labarca, 2009; Galagovsky & Giudice, 2015 y Galagovsky, Rodríguez, Stamati, y Morales 2003). En donde, Labarca principalmente considera que existe un error filosófico en la idea propuesta por Johnstone, pues piensa que confundir el plano ontológico con el plano lingüístico y/o conceptual, y éste, a su vez, con el plano matemático es un error. Así mismo, Giudice, (2015) y Galagovsky et al. (2003), al cuestionar y reflexionar dicha idea, han avanzado en una reconstrucción del triángulo propuesto por Johnstone. No obstante, para los fines de esta investigación no se hará énfasis en dichas controversias, pues dilatarían el trabajo y perdería el foco principal.

Por tanto, a continuación explicaremos brevemente cada uno de los niveles de representación propuestos Johnstone:

### 2.5.1. Nivel de representación submicroscópico:

En este nivel los químicos o estudiantes de química interpretan y explican el comportamiento y propiedades de la materia por medio de un conjunto de modelos teóricos como: el átomo, las moléculas, los iones, los enlaces, orbitales, etc. Por tanto, en este nivel se realizan y se trabajan con aquellos elementos conceptuales que implican un nivel submicroscópico de la materia, el cual no es perceptible por el ojo humano. Así mismo, por medio del estudio del comportamiento de la materia submicroscópica se pretende predecir, comprender y explicar la materia macroscópica.

### 2.5.2. Nivel de representación simbólico o representativo:

En este nivel, los químicos o estudiantes comunican y representan por medio de símbolos aquellos comportamientos, propiedades y transformaciones de la materia. En este sentido, en este nivel es que se logra cuantificar y simbolizar la química y sus fenómenos a través de representaciones y símbolos como: gráficas, ecuaciones, analogías, modelos analógicos, etc. Así mismo, todas estas representaciones se basan en modelos teóricos y conceptos, los cuales le confieren un significado.

#### 2.5.3. Nivel de representación macroscópico:

En este nivel se encuentran los fenómenos, propiedades, transformaciones y comportamiento de la materia física y tangible por el hombre. En este sentido, a través del sistema sensorial los sujetos pueden representar, interpretar y comprender la materia. Sin embargo, esta interpretación es limitada, por lo que es en este nivel en donde realmente se extrapolen todos aquellos modelos teóricos que se han construido de forma que permitan explicar la materia, sus propiedades, comportamiento y transformaciones.

### 2.6 DIFICULTADES Y LIMITACIONES PARA EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA:

La química en su forma más general posee el propósito al igual que las otras ciencias, de ayudarle al estudiante a comprender, interpretar y analizar el mundo que le rodea, por medio de diferentes conceptos y teorías que existen de diversos fenómenos naturales. Sin embargo, su principal objetivo se centra en el estudio de la estructura de la materia, sus posibles transformaciones y propiedades. Así mismo, ésta resulta de una dificultad imprescindible, pues posee gran variedad de conceptos y leyes fuertemente abstractas, que sumado a la no diferenciación e integración de los tres niveles de representación la complejizan más. Adicionalmente, la comprensión integral de un fenómeno natural requiere del estudiante establecer una serie de relaciones entre diferentes conceptos y prácticas científicas, situación que exige habilidades cognitivas de orden superior. Por tanto, el currículum de la química para ser aprendido en la escuela exige del sujeto un alto desarrollo cognitivo formal.

En este orden de ideas, Ghassan Sirhan (2007) presenta una recopilación de los resultados obtenidos de las investigaciones de las últimas décadas referentes a las dificultades y limitaciones que presentan los estudiantes escolares y universitarios en el aprendizaje de la química. En primer lugar, la gran mayoría de los conceptos y leyes de la química tienen su base de interpretación en fenómenos netamente abstractos, como lo son por ejemplo la teoría atómica, la cual permite interpretar como ocurren y se producen las reacciones químicas, enlaces, etc. Así, muchos de los elementos que debe aprender el estudiante no son tangibles ni fácilmente

representables o se requiere de herramientas o máquinas para poderlos percibir. Todo ello, le adjudica un alto nivel de abstracción.

En segundo lugar, la naturaleza abstracta de la química se hace evidente y se amplifica conforme los estudiantes desconozcan los tres niveles de representación de la química, por lo que resulta sumamente importante enseñarles a los estudiantes a diferenciar e integrar durante sus interpretaciones y explicaciones estos niveles. Esto se debe a que principalmente, por medio del nivel simbólico es que se puede representar las reacciones químicas que ocurren a nivel submicroscópico, para así comprender el comportamiento del mundo macroscópico.

En este sentido, la diferenciación e integración de los tres niveles resulta sumamente importante para el aprendizaje de la química. Esto se debe a que al poder realizar dicha diferenciación e integración durante las interpretaciones y análisis químicos, se evita no solo sobrecargar la memoria de trabajo del estudiante, sino que aun más importante, cada nivel la indica que tipos de conceptos y herramientas debe de utilizar para interpretar dicho fenómeno químico.

En tercer lugar, para el análisis e interpretación de un fenómeno químico requiere del estudiante establecer una serie de relaciones entre diferentes conceptos y prácticas científicas. Esto no solo implica comprender a cabalidad los conceptos, leyes y prácticas de la química, sino que además se hace necesario poder relacionarlos durante dicho análisis.

Dicha situación resulta sumamente compleja, pues en primera instancia comprender a cabalidad las conceptos, leyes y prácticas de la ciencia no es una tarea fácil. Pozo y Crespo (2009), a través de la propuesta de los núcleos conceptuales evidencian las implicaciones y dificultades más importantes en las tres grandes ideas o núcleos de la química que son indispensables para aprenderla y comprenderla.

En segunda instancia, poder relacionar los diferentes conceptos y teorías e forma eficiente para interpretar, comprender y explicar un fenómeno es cognitivamente muy complejo y requiere de un gran desarrollo del pensamiento formal. Esto se debe a que durante la interpretación, constantemente se extrae información del fenómeno, se recupera información de la memoria de trabajo, se relaciona la información actual con la información almacenada y se construyen interpretaciones o hipótesis que permitan explicar o comprender dicho fenómeno. Todo ello, consume gran parte de la memoria de trabajo, por lo que si dichos conceptos y teorías que se retoman y ponen en relación no están aun totalmente comprendidas,

será mucho más complejo para el estudiante poder construir sus explicaciones o interpretaciones.

Por último, todo lo anterior implica un alto desgaste y exigencia cognitiva, por lo que los sujetos se valen por lo general de sus habilidades de pensamiento (esto puede traducirse a los esquemas de pensamiento propuestos por Piaget) para realizar tales tareas. Esta situación implica que dependiendo del desarrollo de los esquemas de pensamiento, asimismo se podrá realizar operaciones mentales de forma óptima.

## **2.7 CONCEPCIONES ALTERNATIVAS:**

Las concepciones alternativas que poseen todos los estudiantes, son un factor indiscriminable para la enseñanza y aprendizaje de la Química. Esto se debe a que éstas son la base que el estudiante utilizará para construir de manera progresiva un conocimiento más sistemático, el cual le permitirá darle sentido a los múltiples fenómenos naturales a los que se enfrenta diariamente. En este sentido las concepciones alternativas poseen doble funcionalidad, pues pueden limitar y restringir el aprendizaje de los contenidos de la química, o sirven para catalizar o impulsar dicho proceso.

Dichas concepciones o interpretaciones sobre el funcionamiento y comportamiento del mundo, las cuales poseen ciertas diferencias con las planteadas por la ciencia, se producen a través de tres medios diferentes: el medio sensorial, el cultural y el escolar (Pozo y Gómez Crespo, 2009). El primero hace referencia a las concepciones que se crean espontáneamente en los sujetos, el segundo a aquellos saberes creados y transmitidos por la cultura y el último a los que se generan analógicamente durante la escolarización.

En el origen sensorial, espontáneamente el sujeto construye conocimientos e interpretaciones sobre los fenómenos que percibe a través de sus sentidos. Dicho conocimiento resulta más intuitivo y tácito, sin relaciones conceptuales o distinciones entre variables y como éstas se relacionan dentro del fenómeno. En este sentido, el conocimiento que se construye no es más que la relación causal que se extrae entre un fenómeno o suceso que se percibió y su causa, creando así solo relaciones causa-efecto sin reflexionarse profundamente. Un ejemplo de este tipo de conocimiento, es el que todos poseemos en relación al fuego, en donde se conoce que si tocamos el fuego nos quemamos, o que el fuego genera calor.

El origen cultural de las concepciones alternativas, hace referencia a aquellas creencias y saberes que tienen su origen en una cultura y/o sociedad. Dichas creencias sobre hechos y fenómenos del mundo, son transmitidas ya sea por

tradición oral o por su representación y transmisión a través de canales de comunicación. En este sentido, en nuestra sociedad actual constantemente se transmiten creencias y saberes sociales entre los sujetos a través de los diferentes medios comunicativos a los que tenemos acceso, los cuales en muchos casos no se ajustan o relacionan con los conocimientos científicos. No obstante, lo anterior no significa que un saber o conocimiento producido dentro de una comunidad no posea validez, pues diversas culturas han construido interpretaciones sobre el funcionamiento de nuestro mundo, válidas para nuestra actualidad.

En cuanto al origen escolar, se encuentra que durante los procesos de enseñanza y aprendizaje, los estudiantes crean representaciones o interpretaciones deformadas o simplificadas de las teorías y conocimientos científicos. Así mismo, no se diferencia el conocimiento científico del conocimiento intuitivo y cultural que poseen los estudiantes, lo cual tiende a permitirles entremezclarlos. De esta forma, los estudiantes conciben como análogos sistemas de conocimiento que si bien son complementarios son muy diferentes. Por ejemplo, algunas de las dificultades que genera lo anterior es el de atribuirle características del mundo macroscópico al mundo microscópico y viceversa.

Por otro lado, a las concepciones alternativas las fundan unos principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales<sup>6</sup> distintos al de los que fundan los contenidos del currículum de la ciencia. De ahí que, el maestro de la escuela debería de diseñar actividades de aprendizaje que le brinden la oportunidad al estudiante de comenzar a desarrollar dichos principios con el fin de alcanzar un aprendizaje significativo (Pozo y Gómez Crespo, 2009).

Dado que cada dimensión parte de interpretaciones y constructos que el estudiante posee sobre el comportamiento, naturaleza y propiedades de la materia, la instrucción debe permitirle al estudiante poder desarrollar su conocimiento con el objetivo de construir uno que le permita una mejor interpretación. No obstante esto implica que para cada uno de estos podemos observar dificultades importantes que dificulten su desarrollo.

Para el primero, la principal dificultad radica en el paso de una interpretación intuitiva o natural de los fenómenos y conceptos (perceptiva) a una interpretación de la realidad basada en los modelos, conceptos y leyes, las cuales son producto de una reflexión y análisis más profundo. Para la segunda dimensión (ontológica), la

---

<sup>6</sup> Pozo y Gómez Crespo en *Aprender y Enseñar ciencia* (2009), ilustra más profundamente los principios epistemológicos, ontológicos y conceptuales y su relación con las concepciones alternativas.

principal dificultad radica en el progreso de una interpretación de la materia basada en sus características o propiedades observables de la materia, a una interpretación que conciba sus transformaciones y la noción de la misma como un sistema, en la cual sus componentes interactúan entre ellos y relacionándose. Finalmente para la última dimensión (Conceptual), encontramos los problemas relacionados con los tres núcleos conceptuales: la naturaleza corpuscular de la materia, la conservación de propiedades de la materia y las relaciones cuantitativas. Así mismo, como se mencionó anteriormente estos tres núcleos conceptuales se relacionan con esquemas conceptuales o esquemas de pensamiento formal, los cuales son indispensables para su comprensión y manejo.

Por otro lado, estos núcleos no deben verse como entidades distintas, pues a pesar que abordan elementos diferentes, su integración le permite al estudiante una interpretación más amplia y completa de los fenómenos químicos. En este sentido, los núcleos conceptuales de la química son elementos complementarios en interacción. Por ejemplo, para el desarrollo de un problema estequiométrico el estudiante debe de poseer una concepción corpuscular y discontinua de la materia, para luego poder determinar las proporciones estequiométricas de una reacción química y así poder comprender cómo se conserva la materia durante dicha reacción, generando la concepción de equilibrio. Por tanto, a continuación se explicará brevemente cada núcleo conceptual y las dificultades de aprendizaje que los caracterizan (Pozo y Gómez Crespo, 2009).

## **2.8 LOS NÚCLEOS CONCEPTUALES DE LA QUÍMICA:**

Pozo en diferentes investigaciones (Pozo et al., 1991; Carretero et al., 1992 y Pozo y Gómez Crespo 2009), propone la idea de los tres núcleos conceptuales, los cuales integran los conocimientos más importantes para la construcción de los conceptos y leyes de la química y los esquemas de pensamiento formal requeridos para la construcción de las mismas. Así mismo, estos núcleos parten de las tres más grandes dificultades y errores conceptuales en el estudio de la química y de los esquemas de pensamiento formal que los estudiantes deben tener y desarrollar para el aprendizaje de dicha disciplina. En este sentido, la propuesta de los núcleos conceptuales de la química, es el resultado final de la consideración de las concepciones alternativas de los estudiantes, las teorías implícitas, las más grandes dificultades de aprendizaje de la mismas y los esquemas de pensamiento formal que son necesarios para el aprendizaje y desarrollo de la misma. Todo ello, puede verse reflejado en el consunto de investigaciones en las que se ha desarrollado dicha propuesta (Pozo et al., 1991; Carretero et al., 1992 y Pozo y Gómez Crespo 2009). A continuación se explicará brevemente cada uno de éstos núcleos:

### 2.8.1 Continuidad/Discontinuidad de la materia:

Este núcleo nos expone la idea de que la materia está formada por partículas en continuo movimiento e interacción, que pueden unirse entre ellas para formar estructuras más complejas y que entre ellas no existe absolutamente nada. Lo anterior, le implica la laboriosa tarea al estudiante de comenzar a considerar a la materia ya no como un sistema continuo, sino que como un sistema discontinuo y corpuscular, donde las partículas que la conforman son los átomos. Además, los átomos que la conforman pueden unirse o combinarse en estructuras más grandes y complejas, gracias a ciertas leyes que explican dicho proceso. Así mismo, entre dichos átomos y las estructuras que se forman de la unión de los mismos no existe absolutamente nada, lo cual implica que entre átomos y moléculas hay vacío.

En este sentido, la idea de la discontinuidad de la materia y todo lo que ella implica, resulta muy complejo de entender y comprender para los estudiantes. Dicha complejidad puede deberse en primer lugar, al grado de abstracción que posee dicha idea y que va en contra de aquellas ideas y representaciones que ya posee el estudiante. Esto se debe a que principalmente los estudiantes han construido una interpretación intuitiva sobre la estructura y características de la materia como un sistema continuo, pues así lo logran percibir. Dicha creencia está en oposición a la idea de discontinuidad, y al no poderse contrastar con la realidad inmediata y tangible resulta sumamente abstracta y compleja.

Por otro lado, los estudiantes tienden a entremezclar estos dos tipos de explicaciones, en donde utilizando como base sus teorías implícitas o concepciones alternativas, reinterpretan los hechos, datos e información de la teoría científica que se le enseña. Así, aunque el alumno no tiene muchos problemas en interpretar que la materia este compuesta por partículas, éstas poseen las características y propiedades de la materia macroscópica. De esta forma, conciben que los átomos y/o moléculas poseen color, olor, estado físico, aspecto, etc. Igualmente, asumen que aquellos cambios que sufre la materia también le ocurren a las partículas, por lo que si la materia se “derrete” los átomos que la conforman también lo hacen.

Consecuentemente, esta atribución de las características y propiedades del mundo macroscópico al microscópico, resulta una gran dificultad a superar para el aprendizaje de este núcleo. Esto se debe a que difícilmente logran explicar los fenómenos químicos que observan a través del modelo corpuscular y discontinuo de la materia, pues utilizan más lo anteriormente mencionado, pues éste parte de sus concepciones y percepciones intuitivas.

### 2.8.2 La conservación de propiedades no observables de la materia:

Este núcleo conceptual nos expone la idea de la conservación de las propiedades no observables de la materia como la masa, la materia, energía, etc., durante un cambio que experimenta, ya sea la combustión, ebullición, disolución, etc. Todo ello implica dos cuestiones importantes para su aprendizaje, primero, es este núcleo está en estrecha relación con el esquema de *formas de conservación que van más allá de la experiencia* propuesto por Piaget; segundo, es necesario comprender dichas conservaciones de las propiedades de la materia como relaciones entre conceptos dentro de un modelo.

En primer lugar, el esquema de conservación posee gran dificultad de desarrollo para los estudiantes, pues ello implica que puedan comprender la conservación más allá de las apariencias y de lo observable. En este sentido, deben de ser capaces de determinar si elementos conceptuales que han comenzado a desarrollar, como el concepto de energía, permanece constante después de un cambio. Dado que todos los elementos que manipula no son tangibles ni perceptibles, después de observar dicho cambio e interpretarlo, deberá correlacionar si la energía, por ejemplo, se ha mantenido constante, aludiendo al concepto que posee en su memoria. En consecuencia, el sujeto debe constantemente correlacionar los elementos que interpreta con las concepciones que posee de los mismos y verificar su coherencia. Por tanto, este esquema no es más que la conservación de entidades conceptuales durante un cambio que sucede ya sea en la naturaleza o en un modelo de ella.

En segundo lugar, para poder comprender dichas conservaciones de las propiedades de la materia como relaciones entre conceptos dentro de un modelo, requieren asumir ciertas propiedades que permanecen a pesar del cambio. En este sentido, se hace necesario reconocer inicialmente dichas propiedades, como la masa, la materia, la energía y la sustancia y luego comprender como y en qué casos se conserva. En consecuencia, poder determinar qué tipos de propiedades se conservan después de un cambio aparente en la materia, les permitirá establecer si se produjo un cambio químico o físico.

Finalmente, hay que reconocer a través de qué tipo de entidades y unidades de medida se puede determinar que se conserva ciertas propiedades. Por tanto, comprender el concepto de mol, átomo, molécula, gramos, etc., juega un papel importante en la comprobación de dicho proceso. Adicionalmente, hay que reconocer que cada una de estas propiedades y las entidades conceptuales mencionadas poseen sus propias dificultades y limitaciones para el aprendizaje, las cuales deberían de ser consideradas antes de cualquier intervención educativa.

### 2.8.3 Relaciones cuantitativas:

Este núcleo hace referencia a la capacidad de representar y aplicar de forma cuantitativa las leyes físico químicas, para lo cual requiere de un manejo e interpretación de los tres niveles de representación de la química (macroscópico, submicroscópico y simbólico) y manejar de forma proporcional y equilibrada cálculos cuantitativos. Por consiguiente se hace evidente que los principales problemas que radican en este núcleo se centran principalmente en la comprensión de los tres niveles de representación y en el desarrollo del esquema de proporcionalidad. No obstante, para la comprensión de dichas relaciones cuantitativas no basta con la superación de los problemas anteriormente planteados, es indispensable también que el sujeto posea además el esquema conceptual de probabilidad, correlación y equilibrio. Es por tanto que este núcleo resulta ser muy difícil de superar para los estudiantes, debido no solo a que requiere de un pensamiento altamente desarrollado sino que además es indispensable que el estudiante pueda comprender la química en todas las formas en que esta es representada.

En primer lugar, los tres niveles de representación son las tres formas o dimensiones en las cuales la química es representada y mostrada al estudiante. Inicialmente se parte desde una visión macroscópica de la materia, en la cual el estudiante de forma presencial puede ver y experimentar las propiedades y naturaleza de la materia, este primer nivel no es muy difícil de manejar para un estudiante atento y con buenas cualidades de observación y análisis, dado a que al poder percibir con sus sentidos y poder experimentar con la materia el proceso de construcción de conocimiento es mucho más fácil. No obstante, este nivel cobra gran complejidad en el momento en el que los estudiantes deben de interpretar y explicar el comportamiento de la materia macroscópica basándose en las leyes y propiedades del mundo submicroscópico (Candela, 2012).

En el segundo y tercer nivel de representación, es en donde los problemas se hacen más evidentes debido principalmente a que en estos se utiliza casi exclusivamente un pensamiento abstracto y complejo, en la medida en que para su análisis e interpretación se requiere del uso de capacidades cognitivas superiores. Esto es debido a que en el nivel submicroscópico y simbólico el estudiante no puede percibir de forma directa y por medio de sus sentidos de las propiedades y naturaleza de la materia con la que se trabaja, sino que estas se perciben de forma indirecta a través de análisis e interpretaciones, cosa que a su vez con lleva otras dificultades.

Para poder analizar las propiedades de la materia, es necesario que el sujeto posea ciertas habilidades cognitivas que le permitan poder manejar e interpretar información, las cuales no son otras que las desarrolladas en el estado formal. En este sentido, el manejo de estos niveles requiere también de un desarrollo y un trato especial por parte de los educadores de química, pues es sumamente importante

que para poder lograr que los estudiantes interpreten la química basados en estos niveles de representación, se les brinde la posibilidad de construir los conocimientos y habilidades que requieren para ello.

En segundo lugar, en este núcleo se hacen evidentes una gran cantidad de esquemas de pensamiento<sup>7</sup> necesarios para la interpretación, manejo de la información y cálculos cuantitativos, como lo son: el esquema de la proporcionalidad directa, el de coordinación de dos sistemas de referencia, el de equilibrio, probabilidad, correlación, proporcionalidad inversa y conservación (Pozo et al., 1991; Pozo y Gómez Crespo, 2009). Todos ellos, en menor o gran medida se hacen necesarios durante la interpretación y desarrollo de ciertas temáticas y problemas cuantitativos. Por ejemplo, para comprender el concepto de entropía es necesario poseer el esquema de la probabilidad, pues este permitirá entenderlo como el número de posibles distribuciones de un sistema; así mismo, la coordinación de dos sistemas de referencia les permitirá a los estudiantes poder manipular la información y desarrollar los cálculos cuantitativos necesarios durante la búsqueda del reactivo límite y el de exceso durante una reacción química.

Por esta razón, este núcleo resulta de gran dificultad para los estudiantes, pues la mayoría de los conceptos y leyes que aborda están en estrecha relación con una gran variedad de esquemas. En consecuencia, Pozo y Gómez Crespo (2009) han evidenciado que los estudiantes se valen de unas reglas simplificadoras o heurísticas<sup>8</sup> para interpretar y resolver los problemas que requieran el uso de dichos esquemas. Dichas reglas, resultan más fáciles de utilizar, permitiéndoles liberar espacio cognitivo o memoria de trabajo, para así analizar el problema e intentar resolverlo. Sin embargo, éstas son de carácter intuitivo y aproximativo, por lo que tienden a resolver los problemas de forma más cualitativa que cuantitativa.

Sin embargo, aunque el aprendizaje de este núcleo conceptual implica la utilización de varios esquemas, como ya hemos visto, el esquema de la proporcionalidad es el que usualmente los estudiantes utilizan con mayor frecuencia para la interpretación y desarrollo de problemas de diversos conceptos y teorías. Por tanto, a continuación se prestará más atención a las implicaciones de este esquema y sus dificultades.

---

<sup>7</sup> Recordemos que los esquemas de pensamiento al que nos referimos, son los propuestos por Inhelder y Piaget (1955 original en francés y 1996 traducción al castellano) y retomados por Pozo y Crespo en su propuesta de los núcleos conceptuales, los cuales son: las operaciones combinatorias, las proporciones, la coordinación de dos sistemas de referencia, la noción de equilibrio mecánico, la noción de probabilidad, noción de correlación, las compensaciones multiplicativas y las formas de conservación que van más allá de la experiencia.

<sup>8</sup> Estas reglas simplificadoras o heurísticas pueden abordarse a profundidad en el capítulo IV de Pozo y Crespo (2009).

En relación al esquema de la proporcionalidad, Pozo y Crespo han encontrado que por lo general los estudiantes tienden a utilizar otro tipo de estrategias<sup>9</sup> durante la resolución de problemas que impliquen el cálculo proporcional, debido a que éstas resultan más simples y menos elaboradas que el esquema de la proporcionalidad. Dichas estrategias corresponden a la estrategia cualitativa, la aditiva y de correspondencia, donde la proporcional, la que debería de ser usada, es la última y la menos frecuente.

La primera, consiste en ignorar una sección de los datos encontrados y centrarse únicamente en cantidades absolutas, evitando así realizar cualquier cálculo numérico. Por ejemplo, en las concentraciones se centran solo en una variable ya sea la cantidad de sustancia o el volumen en vez del valor numérico de concentración.

La segunda, consiste en comparar las piezas en dos fracciones por medio de sumas y restas simples. En ella, sustraen la diferencia de una pieza y la llevan a la otra. Por ejemplo, en dos concentraciones la primera de 3 gramos de X en 2 litros de agua y la segunda de 4 gramos de X en 2 litros de agua, los estudiantes determinan que la segunda está más concentrada dado que al restar  $4-2$  da como resultado 2 y al restar  $3-2$  da como resultado 1, por lo que 2 es mayor que 1, así 2 está más concentrado.

La tercera, la correspondencia, consiste en establecer una relación de proporción en una pieza y luego aplicarla a la otra. Así, solo mediante el uso de una sola proporción se determinan por comparación las otras proporciones que se utilicen o necesiten utilizar en un problema. Por ejemplo, al necesitar determinar cuál de las dos soluciones que se le presentan está más concentrada (la primera, 3 gramos de X en dos litros de agua y la segunda, 2 gramos de x en 4 litros de agua), se determina la proporción de la segunda 1:2 y se traslada a la primera. Por tanto, la primera está más concentrada puesto que para tener la misma concentración de la segunda se necesita tener una relación 3:6. De esta forma, solo al establecer que a la primera le faltaría un litro de agua para estar en la misma proporción que la segunda, el estudiante determina que la primera está más concentrada.

En este orden de ideas, aunque en algunos casos las anteriores estrategias pueden permitirle resolver de forma exitosa algunos ejercicios y problemas, muchos otros no pueden resolverse por medio de ellas, por lo que se hace necesario utilizar

---

<sup>9</sup> Estas estrategias pueden observarse a mayor profundidad en el capítulo VI de Pozo y Crespo (2009).

realmente el esquema de la proporcionalidad. Así mismo, es realmente este esquema el que les permite comprender a cabalidad como se relacionan los reactivos y productos durante una reacción química, en donde la materia se reorganiza en proporciones establecidas.

En consecuencia, este esquema implica poder establecer la relación de igualdad entre dos entidades, en donde un cambio en alguna de ellas implica un cambio proporcional en la otra entidad, así si una aumenta  $X$  veces la otra aumenta las mismas  $X$  veces. Así mismo, la proporcionalidad, implica una relación y compensación exclusivamente multiplicativa entre las razones que estén en relación. En este sentido, no se pudo establecer dichas relaciones con reglas aditivas simples, pues por lo general no se conservaría la igualdad. Lo anterior, cognitivamente resulta más complejo dado que por lo general los estudiantes tienden a percibir los cambios de aumento y disminución en términos de adiciones y sustracciones, en vez de la multiplicación y división.

Por otro lado, el cálculo proporcional tanto en las disoluciones como en las reacciones presenta varias dificultades que el estudiante debe superar. En primer lugar, se encuentran dificultades al trabajar la concentración de las disoluciones, pues se utilizan dos tipos de proporciones, la proporcionalidad directa en la cantidad de sustancia y la proporcionalidad inversa en el volumen. Así mismo, entre más variables se tengan en cuenta durante las proporciones consecuentemente el nivel de dificultad del cálculo aumenta. Además el cálculo proporcional inverso cognitivamente resulta ser más difícil de utilizar, pues este requiere del desarrollo y uso del directo.

En segundo lugar, en las reacciones se presentan diversas dificultades que afectan el cálculo proporcional. Entre ellas encontramos la creación de falsas leyes de conservación de los moles, el establecimiento de relaciones entre masas sin tener en cuenta los subíndices y coeficientes estequiométricos, no comprenden el significado de la reacción ajustada o en equilibrio, no distinguen entre coeficientes y subíndices y finalmente, no comprenden la ley de las proporciones definidas.

No obstante, el principal problema como se mencionó al inicio, radica en la no diferenciación e integración de los tres niveles de representación durante el análisis, interpretación y desarrollo de las reacciones químicas. Esto, lleva a que al momento de interpretar reacciones químicas al nivel macroscópico y submicroscópico no establezcan las diferencias entre estos, lo cual genera que entre mezclen estos dos niveles y creen falsas leyes de conservación o interpretaciones erróneas debido al mal uso de las unidades de medida, las moléculas, coeficientes y subíndices. Por ejemplo, a nivel macroscópico se trabaja con moles y gramos, mientras que a nivel

submicroscópico se utilizan moléculas y átomos, donde en ambos casos los coeficientes y subíndices nos permiten realizar los respectivos análisis proporcionales.

En consecuencia, los estudiantes al no diferenciar estos niveles durante el cálculo proporcional y utilizar erróneamente los coeficientes y subíndices, terminan creando leyes homologas para los cálculos con masas y con cantidades de sustancias. Lo anterior se traduce en la creencia de que la suma de los coeficientes del primer miembro de la reacción debe ser igual a la suma del segundo miembro.

## 2.8 LA GRAN IDEA DE LA ESTEQUIOMETRÍA:

De acuerdo a Cortes y Cotuá: *“la estequiometría es el estudio de las relaciones de masas usando la ecuación química como una representación de las reacciones en un lenguaje simbólico”* (2014, p. 675). En este sentido, la estequiometría es un estudio de las relaciones cuantitativas de reactivos y productos durante una reacción química. No obstante, esta definición al ser tan general no nos permite observar todas las implicaciones de este concepto, por lo que a continuación las enunciaremos brevemente, para así comprender a cabalidad todo lo que significa la gran idea de la estequiometría.

Vale la pena aclarar que, el término de las “Grandes Ideas” es una expresión que en la ciencia es utilizada frecuentemente, pues ilustra idea que ha generado un impacto fuerte en las formas en que los científicos comprenden y conceptualizan el mundo. No obstante, para los investigadores en educación y profesores, el término de “Grandes Ideas” se refiere a aquellos contenidos conceptuales de la ciencia que los profesores consideran son imprescindibles para lograr alcanzar las metas de enseñanza y aprendizaje propuestas (Mulhall, et al., 2003). Así mismo, una gran idea para la ciencia puede ser también considerada una gran idea para la enseñanza de la misma. En este sentido, las grandes ideas que el profesor considere configuran el cuerpo de contenidos conceptuales que desea enseñar, para así alcanzar las metas propuestas.

En primer lugar, encontramos la ley de la conservación de la masa enunciada por Lavoisier, la cual explica que en una reacción química la suma de la masa de reactivos debe ser igual a la suma de la masa de los productos (Teijón y García, 1996; Chang y Goldsby, 2013). Esta ley, nos indica que durante los cálculos estequiométricos que realizamos en las ecuaciones químicas el número de átomos que encontramos en los reactivos debe de ser igual al número de átomos de los productos, manteniendo constante la materia. Lo cual implica la comprensión del

núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables de la materia.

Así mismo, es mediante las relaciones estequiométricas representadas en las ecuaciones químicas que podemos ilustrar o representar simbólicamente dicho principio de conservación, el cual posee un alto nivel de abstracción.

En segundo lugar, encontramos a la ley de las proporciones definidas enunciada por Proust, la cual explica que cuando dos o más elementos se combinan para formar un compuesto, lo hacen en proporciones fijas o definidas (Teijon y García 1996, Chang y Goldsby 2013). Esta es una de las principales ideas que funda los cálculos estequiométricos, pues al reconocer que durante una reacción química para formar x compuesto, los reactivos solo reaccionan en una cierta proporción y no otra, dado que si lo hicieran el compuesto seria otro totalmente distinto.

Esta ley, por un lado nos permite comprender en gran parte de cómo se logra conservar la materia o la masa durante una reacción y por otro lado nos expresa explícitamente que la creación de ciertos productos está determinada por una relación de proporcionalidad. En este sentido, al comprender esta ley dentro de los cálculos estequiométricos se entiende una de las principales características de la estequiometría.

En tercer lugar, encontramos al cálculo proporcional, el cual se realiza o se lleva a cabo mediante el esquema de pensamiento de la proporcionalidad. Esta operación mental, implica que mediante el uso del esquema que lo funda se determine la(s) relación(es) que se establece entre dos reactivos (moléculas y átomos). Comprendiendo así, en qué razón dichos reactivos se afectan mutuamente de forma que reaccionen y así se pueda formar un producto con la misma cantidad de masa o átomos que los reactivos.

En consecuencia, el cálculo proporcional no es solo determinar numéricamente cuales son las cantidades de reactivos y productos en una reacción. Sino que, más importante, es la comprensión y determinación de la relación de proporcionalidad definida que existe entre ciertos reactivos para formar determinados productos.

Finalmente, todos estos procesos submicroscópicos y cálculos cuantitativos se logran representar simbólicamente a través de las ecuaciones químicas. En consecuencia, podemos inferir que los fenómenos estequiométricos se encuentran en un nivel submicroscópico de la materia (átomos y molécula), pues es aquí en donde se establecen los rompimientos y fortalecimiento de los enlaces durante las reacciones químicas. Además, todo este proceso se logra representar a nivel

simbólico a través de las ecuaciones químicas en proporciones estequiométricas. Así mismo, dicha representación simbólica nos permite comprender y trasladar las consideraciones e interpretaciones que se han realizado a nivel submicroscópico al nivel macroscópico, para así comprender el funcionamiento y características de la materia y sus fenómenos en un plano macroscópico, físico y tangible.

## CAPITULO III

### HIPÓTESIS, OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 HIPÓTESIS:

Este trabajo plantea como hipótesis que existe una relación interdependiente entre el esquema conceptual de la Proporcionalidad directa y del tópico de la Estequiometría. Ya que dicho esquema, es el medio y herramienta cognitiva a través de la cual el estudiante puede comprender conceptual e integradamente dicho concepto, adicionalmente, este último le brinda la oportunidad al estudiante de continuar desarrollando el esquema de la proporcionalidad directa.

#### 3.2 OBJETIVOS:

Objetivo general:

Identificar y evidenciar la relación entre la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad directa como factores interdependientes que influyen en el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada.

Objetivos específicos:

- Documentar el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de los estudiantes de grado 11 del tópico de la estequiometría.
- Representar el vínculo estrecho entre la proporcionalidad directa y el tópico de la estequiometría, como elementos que se influyen mutuamente.

#### 3.3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN:

De acuerdo con la problemática presentada anteriormente y con el marco teórico de referencia para este trabajo, la recolección de información y su respectivo análisis se realizó mediante la metodología cualitativa. En este sentido, el objeto de investigación de este estudio es la relación que se establece entre el esquema de la proporcionalidad y el conocimiento conceptual de la estequiometría, en donde los conocimientos que posee el estudiante y estado inicial y final se determinaran mediante la aplicación e interpretación de un pretest y postest; y las experiencias y el proceso mediante el cual dicho conocimiento se construye se analizará mediante la teoría fundamentada. Por otra parte, para darle validez, consistencia y objetividad a los datos y análisis desarrollados, se implementó la triangulación por fuente como herramienta que nos permite cumplir con el objetivo previamente mencionado

(Okuda, M. y Gómez-Restrepo, 2005). A continuación se explica cómo se desarrolló la investigación:

### **3.3.1 Recolección de datos:**

La obtención y registro de los datos de los test, surgieron de dos test realizados a un grupo de estudiantes de 11° de LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUSTAQUIO PALACIOS de la ciudad de Cali. La muestra está constituida por estudiantes de estrato uno y dos. Cada test realizado se enfocaba en evidenciar el desarrollo del conocimiento conceptual de la estequiometría y el desarrollo del esquema de la proporcionalidad, además de evidenciar cómo la relación entre ellas permite un por comprensión conceptual e integrada.

Por otro lado, los datos cualitativos que evidenciaban el proceso de aprendizaje de la relación entre el esquema de la proporcionalidad y la gran idea de la estequiometría, se obtuvieron a través de un estudio de caso del grupo 11-4 del mismo colegio, en el cual el investigador por medio de la observación participante, recogió la información a través de fuentes como: videos, diarios de los estudiantes y notas de campo. Adicionalmente, con base a los videos y notas de campo se construyeron los relatos narrativos. De esta forma, los relatos narrativos y los diarios de los estudiantes fueron las fuentes de los datos para la investigación. En este sentido, al obtener los datos a través de tres diferentes fuentes, se llevó a cabo una triangulación por fuente. A continuación se muestra los datos obtenidos para los test y para metodología cualitativa:

#### **3.3.1.1 Datos obtenidos de los test aplicados:**

Como se mencionó anteriormente se realizó dos test, los cuales estaban constituidos por nueve ítems. El propósito del primer test fue el de evidenciar, explicitar y recoger las concepciones alternativas acerca de la estequiometría y el estado de desarrollo de la proporcionalidad directa con los que llegan los estudiantes a la clase de química; para un total de población estudiantil de 21 individuos de grado 11°.

En cuanto al segundo test, permitió evidenciar el desarrollo progresivo del aprendizaje de la gran idea de la estequiometría, además del vínculo y evolución de este contenido conceptual con el esquema de la proporcionalidad directa. Este test está configurado por nueve ítems los cuales recoge tanto el tópico de la estequiometría, como el vínculo de éste con la proporcionalidad directa. La muestra a la cual fue aplicada dicho instrumento consta de una población de 21 estudiantes.

Los test fueron evaluados y codificados rigurosamente por el investigador principal, revisando constantemente los datos y análisis desarrollados. Se destaca que la evaluación fue asumida desde una perspectiva formativa y no acreditativa, es decir, a los estudiantes se les informó que los resultados de estos test no representaban una calificación punitiva, sino que sería el punto de inicio para construir unas formas de pensamiento más sofisticadas en cuanto al tema en cuestión.

### **3.3.1.2 Datos obtenidos del estudio de caso mediante la observación participante:**

Para lograr la confiabilidad y veracidad de los datos, el investigador decidió previamente a la investigación realizar un proceso de acercamiento al grupo, en donde trabajo como co-profesor y colaborador durante un periodo de seis meses. Durante este periodo, se hicieron grabaciones de audio y video de las clases y eventos de las mismas. Esto se realizó con el objetivo de que los estudiantes se acostumbraran a ser grabados y comenzaran a actuar naturalmente frente al investigador y a las grabaciones. Hay que aclarar que, desde el inicio del trabajo como previamente, se les pidió el consentimiento a los estudiantes de permitir desarrollar el proceso investigativo y todo lo que éste conllevara, a lo cual los estudiantes respondieron satisfactoriamente en su totalidad.

Una vez terminó el periodo de adaptación al investigador y al proceso mismo, se comenzó a desarrollar la investigación, en la cual el investigador realizó grabaciones en audio y video de 20 sesiones de clase, anotaciones de campo y recolección de textos escritos de los estudiantes. La toma y registro de los datos se realizó mediante la técnica de la observación participante (Kawulich, 2005), la cual consiste en una descripción sistemática de los eventos más representativos surgidos dentro de una comunidad social, la cual es objeto de estudio de una investigación. Dicha descripción debe de estar guiada por los objetivos e intereses de la investigación. En éste trabajo, se realizó una observación participante en la cual el investigador era un observador pero también intervenía en algunos momentos de las dinámicas de las clases, así mismo el grupo era consciente del proceso investigativo y los objetivos del mismo.

En consecuencia, se desarrolló un relato narrativo para cada sesión de enseñanza-aprendizaje, la cual consistía en que con base a las grabaciones y notas de campo, se describió brevemente lo ocurrido durante el transcurso de la clase y se evidenció los eventos críticos de la misma; en donde se encontró situaciones relacionadas a momentos específicos de reflexión y construcción de la gran idea de la estequiometría y explicaciones de los estudiantes, como también situaciones

relacionadas a problemas de aprendizaje y concepciones alternativas de los estudiantes.

Las sesiones fueron clasificadas en tres clases, la primera corresponde a la presentación del problema y su respectivo análisis y reflexión, la segunda corresponde a la introducción y construcción del conocimiento de la estequiometría, y finalmente la tercer parte corresponde a la respectiva puesta en práctica y utilización de la gran idea de la estequiometría para la comprensión de otros problemas y conocimientos (en el caso específico de reactivo límite).

Las grabaciones de video se organizaron de acuerdo a su orden de clase para facilitar su visualización, así mismo, los eventos más representativos de cada una de las sesiones son enunciados nombrando el número de video y el tiempo de inicio y final; lo cual lo podemos evidenciar dentro del relatos narrativos.

Por último, se recolectaron escritos de los estudiantes correspondientes a tareas de la clase y a sus propias interpretaciones construidas durante la clase sobre los conceptos de estequiometría y reactivo límite.

Finalmente, se recolectaron en total dos tipos distintos de datos: los relatos narrativos de las sesiones de clase y los diarios o escritos de los estudiantes. Vale la pena aclarar que, al tomar en cuenta tres diferentes fuentes de datos para posteriormente recoger y determinar los datos de la investigación, se está realizando una triangulación por fuente, la cual no es más que la verificación y comparación de la información obtenida mediante diferentes fuentes (Okuda y Gómez-Restrepo, 2005).

### **3.3.2 Realización del Pretest y Postest:**

La toma y análisis de los datos partieron de un pretest y un postest realizados a 21 estudiantes de grado 11° que cursaban química (ver anexo No. 1 y 2). El pretest se diseñó con el propósito de establecer el nivel de desarrollo conceptual y cognitivo de los estudiantes, en base a su conocimiento del concepto de estequiometría y su relación con el esquema conceptual de la proporcionalidad. Por tanto, se diseñaron nueve preguntas en orden creciente de dificultad, las cuales de acuerdo a la respuesta del estudiante, el investigador podría evidenciar el nivel de desarrollo tanto del tópico en cuestión como del esquema bajo consideración.

El postest se diseñó con el propósito de evaluar y evidenciar el grado de pertinencia de la relación estequiometria-proporcionalidad en el proceso de aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de los estudiantes. Esto se logró mediante

nueve ítems, los cuales estaban en orden creciente de dificultad. De acuerdo a esto, se pudo determinar que tanto fue el desarrollo de los conocimientos, esquemas de los estudiantes y cómo éstos son relacionados por los estudiantes en la resolución de problemas de la química.

Vale la pena aclarar que, el objetivo primordial de ambos test era observar cómo al establecer una relación entre el conocimiento de la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad, ésta le permitía al estudiante un mejor desarrollo y aprendizaje de los mismos. Por tanto, el orden lógico de los test estaba determinado por dicha relación entre estequiometría-proporcionalidad, el cual crecía en dificultad al transcurrir las preguntas.

Una vez obtenidos los datos de los test, se procedió a cuantificar los porcentajes de respuestas, sacar las tendencias y los valores más representativos. Con base a éstos, se analizó las relaciones de los mismos y cómo ellos explicaban el caso estudiado. En este sentido, se realizaron generalizaciones que le permitieran al investigador poseer una interpretación más abstracta y general del fenómeno.

A continuación explicaremos cada una de las preguntas realizadas en el pretest, para posteriormente analizar el porcentaje de respuestas y lo que significa para nuestra investigación. Vale la pena recordar, que los estudiantes encuestados ya tenían desarrollados una serie de conocimientos sobre los contenidos de la química, como así mismo, manejaban el núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables y en cierto grado los niveles de representación de la química (ver tabla No. 1).

Tabla 1: explicación de las preguntas del pretest.

| Ítem | Propósito                                                                                                                                                                               |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | En esta pregunta se evaluaba el conocimiento de la conservación de propiedades no observables, núcleo conceptual previo que se requiere para el aprendizaje de la estequiometría.       |
| 2    | Esta pregunta nos permitía evaluar el concepto de molécula y átomo, además de verificar si al vincular los subíndices, se veía afectada su interpretación de los conceptos mencionados. |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | A través del núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables y los niveles de representación simbólicos y submicroscópico, se pretende que el estudiante a través del razonamiento, deducción y relación entre conceptos, interprete el fenómeno químico expuesto para determinar los valores proporcionales que se requieren en la ecuación                                                                                                                                                                                                              |
| 4 | Aquí el nivel de complejidad aumenta, pues los estudiantes deben de utilizar el esquema de la proporcionalidad para determinar las cantidades de producto y reactivo que se requieren a nivel macroscópico para que se cumpla la reacción. En este sentido, los estudiantes no solo deben de determinar las proporciones estequiométricas de la reacción, sino que además deben de utilizarlas para resolver un problema.                                                                                                                                                    |
| 5 | En esta pregunta queremos determinar qué tanta concordancia existe con el manejo de los niveles de representación simbólico y submicroscópico cuando interpretan una reacción, como así mismo se evalúa nuevamente los conocimientos de proporcionalidad, conservación de número de partículas y la identidad de las mismas. En síntesis, el estudiante debe de utilizar los conocimientos mencionados para determinar cuál es la respuesta correcta, en consecuencia la correcta integración de saberes durante el análisis le determinara si escoge la respuesta correcta. |
| 6 | En esta se evalúa lo mismo de la pregunta anterior, con la excepción de que el nivel de complejidad es aún mayor debido a que en esta pregunta es a través de la proporcionalidad que los estudiantes deben determinar cuáles son las proporciones que le deben corresponder a cada molécula para que se cumpla las condiciones dadas.                                                                                                                                                                                                                                       |
| 7 | En consecución a la pregunta anterior, en esta se pretende que el estudiante represente simbólicamente la estructura y proporción de la molécula encontrada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 8 | Continuando con la secuencia de las preguntas, en ésta se pretende que el estudiante represente simbólicamente la reacción, teniendo en cuenta el las proporciones estequiométricas y la conservación del número de partículas.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9 | Finalmente, en este punto, se pretende evaluar la capacidad del estudiante de aplicar todo lo anterior en el desarrollo de un problema a nivel macroscópico. En este sentido, el estudiante mediante el esquema de la proporcionalidad, la conservación de propiedades no observables e identidad de los átomos, debe interpretar y resolver el problema ya no desde el nivel submicroscópico, sino en un nivel macroscópico. |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

A continuación explicaremos cada una de las preguntas realizadas en el postest. Vale la pena aclarar, que los estudiantes encuestados ya poseen conocimientos desarrollados sobre estequiometría y proporcionalidad, además de relacionarlos de manera explícita durante sus interpretaciones de reacciones químicas. Lo anterior se logró mediante el proceso de formación desarrollado por el docente, en el cual vio la necesidad de lograr que los estudiantes vincularan y relacionaran sus conocimientos de estequiometría y proporcionalidad, en otras palabras las clases fueron pensadas de tal forma que les permitiera a sus estudiantes poder relacionar la estequiometría con la proporcionalidad durante la interpretación de reacciones químicas. Todo esto en respuesta a los datos encontrados en el pretest (ver tabla 1):

Tabla 2: explicación de las preguntas del postest.

| Ítem | Propósito                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | En esta pregunta se evaluaba el conocimiento de la conservación de propiedades no observables, núcleo conceptual que se requiere para el desarrollo de situaciones problemas, fenómenos o ejercicios de la estequiometría.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2    | A través del núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables, los niveles de representación Macroscópico, submicroscópico y simbólico, el núcleo conceptual de la cuantificación de relaciones y el esquema conceptual de la proporcionalidad, se pretende que el estudiante a través del razonamiento, deducción y relación entre conceptos, interprete el fenómeno químico expuesto desde los tres niveles representativos, para determinar los valores proporcionales que se requieren en la ecuación (nivel simbólico). |
| 3    | Se pretende que el estudiante en base a los conocimientos mencionados anteriormente, los cuales se desarrollaron durante la instrucción, determine cuál es el modelo representacional a nivel submicroscópico del proceso de una reacción. En este sentido, el estudiante deberá integrar sus conocimientos para poder realizar una correcta interpretación del                                                                                                                                                                                |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | fenómeno, en donde los conocimientos de proporcionalidad y estequiometría serán fundamentales para poder responder este ítem.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 4 | Aquí el nivel de complejidad aumenta, pues los estudiantes deben de utilizar el esquema de la proporcionalidad para determinar las cantidades de producto y reactivo que se requieren a nivel macroscópico para que se cumpla la reacción. En este sentido, los estudiantes no solo deben de determinar las proporciones estequiométricas de la reacción, sino que además deben de utilizarlas para resolver un problema.                                                                                                                                                                                   |
| 5 | En este ítem los estudiantes deben determinar las proporciones estequiométricas de una reacción a través de la interpretación y análisis a nivel submicroscópico; así mismo, estos valores deben ser los que mejor correspondan al fenómeno citado en la pregunta. En este sentido, el estudiante deberá integrar sus conocimientos para poder realizar una correcta interpretación del fenómeno.                                                                                                                                                                                                           |
| 6 | En consecución a la pregunta anterior, en esta se pretende que el estudiante represente simbólicamente la estructura y proporción de la molécula encontrada.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 7 | En este ítem se pretende que el estudiante reconstruya simbólicamente el proceso ocurrido en la reacción, el cual fue mostrado a nivel submicroscópico. En este sentido, se pretende que en base a los conocimientos de proporcionalidad y estequiometría los estudiantes reconstruyan e interpreten un fenómeno desde el nivel submicroscópico al nivel simbólico, en otras palabras deben poder ellos mismos construir el fenómeno en otro nivel de representación.                                                                                                                                       |
| 8 | En este ítem, los estudiantes deben determinar el reactivo límite y en exceso de una reacción a nivel simbólico, para lo cual primero es necesario establecer las proporciones estequiométricas de la reacción y después relacionar dichas proporciones con los valores del problema, para así conocer cuánto fue el aumento proporcional que sufrió la reacción y por ende que reactivos se encuentran en exceso y límite.                                                                                                                                                                                 |
| 9 | En este ítem, los estudiantes deben determinar el reactivo límite y en exceso de una reacción a nivel simbólico y submicroscópico, para lo cual primero es necesario establecer las proporciones estequiométricas de la reacción y después relacionar dichas proporciones con los valores del problema, para así conocer cuánto fue el aumento proporcional que sufrió la reacción y por ende que reactivos se encuentran en exceso y límite. A diferencia con el ítem anterior, éste cambia los valores proporcionales que aumenta la reacción, como así mismo el reactivo límite y el reactivo en exceso. |

### 3.3.3 Investigación cualitativa:

Esta parte de nuestro trabajo se realizó tomando de referencia la teoría fundamentada de Strauss y Corbin (2002). Así mismo, parte de un estudio de caso realizado a 21 estudiantes de grado 11° durante el curso de química.

Para nuestro análisis cualitativo se tomó como fuente de datos los de las grabaciones en video de las sesiones de clase 20 sesiones de clase, las notas de campo y los escritos de los estudiantes. En este sentido, se pretende poder darle validez y calidad a la investigación, pues al partir de tres diferentes fuentes, podemos emplear una triangulación por fuente, la cual consiste en una verificación y comparación de la información obtenida en diferentes momentos mediante diferentes métodos (Okuda y Gómez-Restrepo, 2005). Por consiguiente, nuestro análisis cualitativo parte de tres fuentes documentales diferentes las cuales fueron trianguladas, para así generar dos tipos de datos diferentes: los relatos narrativos (construidos a partir de las grabaciones y las notas de campo) y los escritos o diarios de los estudiantes.

Con base a estos dos tipos diferentes de datos, se procedió a darles sentido e interpretarlos mediante la teoría fundamentada de Strauss y Corbin, de lo cual se procedió inicialmente a crear un ordenamiento conceptual de la información y posteriormente la teorización.

#### 3.3.3.1 Ordenamiento conceptual:

Nuestro proceso de ordenar y analizar la información recolectada, consistió en: codificar los eventos más representativos de los relatos narrativos, escritos de los estudiantes y videos; Crear un sistema de categorías para las codificaciones; y finalmente evidenciar y extraer la categoría axial.

#### Codificación:

Para crear la **codificación** de los relatos y escritos de los estudiantes (Strauss y Corbin, 2002) se procedió inicialmente en descomponer los textos (relatos y escritos) en pequeñas unidades de análisis, las cuales representaban los eventos, fenómenos o sucesos más relevantes para nuestra investigación. Dichas unidades de análisis, se caracterizaban por ser un párrafo, una oración o idea que representaba algún evento importante de la clase, por ejemplo una unidad de análisis puede ser una explicación a una pregunta o problema por parte de un estudiante y otra unidad puede ser la contra argumentación de otro estudiante. Lo importante de dichas unidades, es que dentro de ellas se pueda ver u observar factores importantes para nuestra investigación, entre los que tenemos las

dificultades de aprendizaje, los esquemas de pensamiento, los núcleos conceptuales, etc. En este sentido, cada unidad de análisis se estableció con el criterio de que representará algún factor importante que deba ser analizado teniendo en cuenta nuestro marco conceptual de referencia y los intereses de nuestra investigación (problema de investigación).

En este orden de ideas, una vez descompuesto los textos en las unidades de análisis se derivaron los respectivos acontecimientos, sucesos, objetos, acciones o en otras palabras los factores importantes que se evidencian. Cada uno de estos factores se representó bajo un Concepto, el cual permitió agrupar todo el significado del factor en una idea concreta que resulta más fácil de manipular. Hay que aclarar que, un concepto es una representación abstracta de un acontecimiento, objeto, acción, interacción o cualquier factor que un investigador identifica significativo en los datos, de acuerdo a su interés y problema a resolver (Strauss y Corbin, 2002). En otras palabras, el concepto resulta una palabra más abstracta la cual resume todo el significado del evento que representa.

El objetivo de todo lo anterior, es poder agrupar diversos eventos y/o acontecimientos, bajo una misma etiqueta, la cual los agrupe en una misma clase y de esta forma poder crear unidades de datos con las que se pueda trabajar posteriormente de forma más fácil.

Cabe aclarar que, dentro de un mismo concepto pueden agruparse diversos acontecimientos, fenómenos, objetos, no obstante, cada uno de los factores que se agrupan dentro de un concepto no lo hacen de forma aleatoria; por el contrario solo se pueden agrupar diversos factores siempre y cuando sus características sean similares. Esto significa, que cada concepto posee características y dimensiones (propiedades) diferentes a otro concepto, lo cual les permita diferenciarse una de la otra. De esta forma, cada evento, objeto, fenómeno, solo se clasificó dentro de un solo concepto pues sus características así se lo permiten. En este sentido aunque dos eventos sean diferentes, siempre y cuando sus características y dimensiones sean similares se podrán agrupar dentro de un mismo concepto.

Otra aclaración pertinente, resulta ser que cada unidad de análisis puede representar o de ella se puede extraer no solo un concepto, sino que por el contrario, se puede derivar de la misma varios conceptos. Esto es debido a que en un mismo acontecimiento no solo se puede evidenciar un factor importante, sino que se pueden observar muchos factores resultantes del mismo. Un ejemplo de esto puede ser cuando un estudiante resuelve un problema en el tablero, el investigador dependiendo de lo que quiere observar puede discriminar diversos factores dentro del acontecimiento, como los conocimientos que posee el estudiante, sus

capacidades racionales, su habilidad expresiva. En este sentido, dependiendo de los criterios investigativos, una misma unidad de análisis le permite evidenciar al investigador una gran diversidad de factores, los cuales pueden ser relevantes para su trabajo y serán posteriormente agrupados bajo un concepto o varios conceptos.

### **Categorización:**

Una vez obtenidos los conceptos, de acuerdo a la teoría fundamentada se procedió a **crear las categorías** (Strauss y Corbin, 2002). Dado que durante el proceso de codificación se obtuvieron gran cantidad de conceptos, metodológicamente no es factible ni viable trabajar con todos ellos, por lo que lo más pertinente es reducir los datos a cantidades más favorables para trabajar. Por lo que, el investigador procedió a agrupar los conceptos en categorías. Las categorías es un ordenamiento de los conceptos bajo un nivel de abstracción mayor, en este sentido, ellas son denominaciones más amplias que abarcan varios conceptos que compartan características similares. Por consiguiente, las categorías son un ordenamiento más abstracto y general, el cual contiene varios conceptos (ver tablas No. 5, 6, 7, 8, 9).

Un ejemplo de esto puede ser un código como probabilidad y otro como correlación y otro como manejo de datos, todos estos códigos extraídos de un análisis de los procesos que desarrollan los estudiantes durante la experimentación, pueden agruparse bajo una categoría como capacidades procedimentales dentro del laboratorio. En este sentido, las categorías son abstracciones más amplias que nos permitan agrupar varios conceptos bajo un mismo orden de acuerdo a un carácter o vínculo en común que los relaciona, sin perder su autonomía e identidad.

Hay que anotar que, cada categoría es diferente a otra en cuanto a sus propiedades y dimensiones, pues abarcan conceptos diferentes. En este sentido, cada categoría debe ser sustancialmente diferente a otra, pues sus características son específicas para cada una y no son compartidas por otra. Esto no significa que no pueda existir un puente de comunicación con otra categoría, sino que por el contrario aunque exista un puente o relación entre varias categorías, cada categoría debe de poseer su propia identidad y propiedades.

### **Codificación Axial:**

Finalmente, terminamos con la codificación axial, la cual consiste en lograr establecer relaciones, interacciones o puentes de contacto entre las categorías (Strauss y Corbin, 2002). Dado que en la codificación, los fenómenos fueron interpretados a través de conceptos y posteriormente categorías, por este motivo es importante poder luego reagrupar los datos y relacionarlos de forma que conjuntamente expliquen de manera más precisa el objeto de estudio. No obstante, las relaciones que se establecen entre las categorías no se hacen de forma aleatoria

o indeterminada, dichas relaciones se hacen en base a una categoría escogida como eje central, o sea que alrededor de una categoría que se haya escogido como base se comenzó a establecer las relaciones con las otras categorías. Esto es debido a que principalmente nuestra categoría axial será aquella que represente en los datos la frecuencia más repetitiva y así mismo representa el tema principal de la investigación. Ésta categoría debe poder establecer puentes de comunicación con todas las demás categorías y poseer un nivel explicativo tan abstracto que le permita poder explicar el fenómeno de estudio e involucrar dentro de ella a las demás categorías.

En consecuencia, se lograron consolidar cuatro diferentes categorías, que recogían los conceptos más relevantes del estudio realizado. Entre ellas tenemos: Relación contenidos específicos de la ciencia y esquemas conceptuales, Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado, Competencias lingüísticas, Manejo y gestión de la clase (ver tablas No. 6, 7, 8 y 9). Así mismo, el nombre de cada una de las categorías, no es más que la relación misma que se evidenciaba entre los conceptos. En este sentido, conceptos como proporcionalidad, explicación a nivel macroscópico y manejo del núcleo de la discontinuidad de la materia, son algunos conceptos encontrados los cuales se pueden agrupar dentro de una categoría como es Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales; pues cada uno de estos conceptos presenta en común una relación conceptos-esquemas, logrando así que se puedan agrupar bajo una misma categoría.

Así mismo, se procedió a establecer la frecuencia de reiteración de cada una de las categorías, la cual consistía en establecer que tantas veces cada una de las categorías se evidenciaba dentro de la investigación (ver tablas No. 6, 7, 8 y 9). Esto se desarrolló para analizar y evidenciar que tanto intervenía cada una de las categorías en nuestro objeto de estudio y que pertinencia se podía esperar de cada uno. En este sentido, una frecuencia alta para una categoría significaría que, dentro de nuestro objeto de estudio las propiedades, características, significado y lo que representa dicha categoría, es sumamente impórtate y aplicativo (ej., situación de enseñanza y aprendizaje).

### **3.3.3.2 Teorización (codificación selectiva):**

De acuerdo a la teoría fundamentada (Strauss y Corbin, 2002), en este parte se procede a refinar la teoría, por medio de la construcción de las generalizaciones naturalísticas, las cuales surgen del análisis de los datos obtenidos. En consecuencia, para desarrollar o construir las generalizaciones naturalísticas, se llevó a cabo el proceso de codificación selectiva. Este proceso consta de tres etapas internas: la integración, la determinación de la categoría central y el refinamiento de

la teoría o construcción de las generalizaciones naturalísticas con sus respectivas explicaciones.

### **Integración:**

En la primera parte, se determinan, encuentran o se descubre a través del análisis e interpretación reiterativa de los datos, las relaciones que se pueden establecer entre los mismos datos, las subcategorías y las categorías. En este sentido, en esta etapa, se procede a encontrar los puentes de comunicación que existen entre los datos cualitativos como los cuantitativos.

### **Determinación de la categoría central:**

La segunda parte, consiste en desarrollar o descubrir la categoría central o medular de la investigación, la cual debe de poder integrar o recoger las demás categorías sin desconocer la independencia de las mismas. Esta categoría, representa el tema principal de la investigación y a su vez es la que aparece con mayor frecuencia en los datos. Así mismos, ésta debe de poder relacionarse con las demás categorías, permitiendo crear a partir de dichas relaciones la construcción de las generalizaciones naturalísticas.

### **Refinamiento de la teoría:**

La tercera parte, consiste en construir o desarrollar las generalizaciones naturalísticas. Éstas, son frases lo suficientemente abstractas e integradoras que permiten explicar una parte o todo el fenómeno de estudio. Así mismo, surgen de relacionar de la categoría central con otra categoría, construyendo así un enunciado el cual permite recoger la esencia de ambas categorías y explicar parte del fenómeno que abarcan ambas categorías.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y ANÁLISIS**

#### **4.1 RESULTADOS Y ANALISIS DE LOS DATOS**

Durante esta investigación, se han recolectado los datos a través de diferentes fuentes, entre los que encontramos primero, el pretest y el posttest aplicados a un grupo de grado once; y segundo, del estudio de caso realizado al mismo grupo, del, 20 videos de clases, notas de campo y documentos de los estudiantes. En donde al integrar los videos y las notas de campo se construyeron 20 relatos narrativos, los cuales junto a los escritos de los estudiantes fueron los datos a realizarle todo el proceso de codificación abierta y selectiva.

En este sentido, Su respectivo análisis debe hacerse respetando los orígenes y características de los mismos. Por tanto, se analizó en primer lugar los datos obtenidos de los dos test aplicados, para así poder obtener un panorama general del estado inicial y final del grupo estudiado.

Finalmente, para los datos cualitativos obtenidos del estudio de caso, se construyeron unas generalizaciones naturalistas apoyadas en los mismos, que permitieron no solo entender el fenómeno sino que además brindaron suficiente información, para comprenderlo y explicarlo. De esta forma, los resultados de este estudio fueron presentados a través de proposiciones contextualizadas que brindaron la posibilidad para comprender desde diversas miradas el fenómeno en cuestión.

##### **4.1.1 Resultados y análisis del Pretest y Posttest:**

Para poder obtener un panorama general del estado inicial y final del grupo estudiado se implementó un pretest y posttest a un grupo de estudiante de grado 11. Nuestro pretest, se implementó al inicio de las sesiones de clase de los estudiantes, con el objetivo de determinar las condiciones, características y capacidades iniciales de los grupos antes de la intervención educativa, para así evidenciar y analizar la importancia, pertinencia e influencia en el aprendizaje de la estequiometría mediante la integración de la relación estequiometría-proporcionalidad. En consecuencia, nuestro posttest, evidencia cuanto desarrollaron los estudiantes sus conocimientos de estequiometría, proporcionalidad y la relación estequiometría-proporcionalidad desde la aplicación del pretest.

En este sentido, se analizó cada uno de los test y sus resultados, con el objetivo de poder determinar conclusiones e interpretaciones que nos permitan comprender nuestro fenómeno de estudio.

No obstante, antes que nada hay que aclarar las condiciones iniciales y contextuales de los estudiantes encuestados y sujetos de estudio. Como mencionamos anteriormente, tanto el pretest como el postest a pesar de ser diferentes cada uno poseía el mismo número de preguntas, así mismo durante su la aplicación nos aseguramos que todos los estudiantes recibieran y respondieran el mismo test para cada caso.

Vale la pena aclarar que, el grupo estudiado durante su proceso académico, trabajaron con el profesor de química durante los grados 10° y 11° el programa *PENSAR CON LA CIENCIA* (Uribe, 2003). Este programa, como mencionamos anteriormente, trabaja el desarrollo general de los esquemas de pensamiento piagetianos, situación que quizá tenga alguna influencia significativa durante los resultados de los test entregados a los estudiantes.

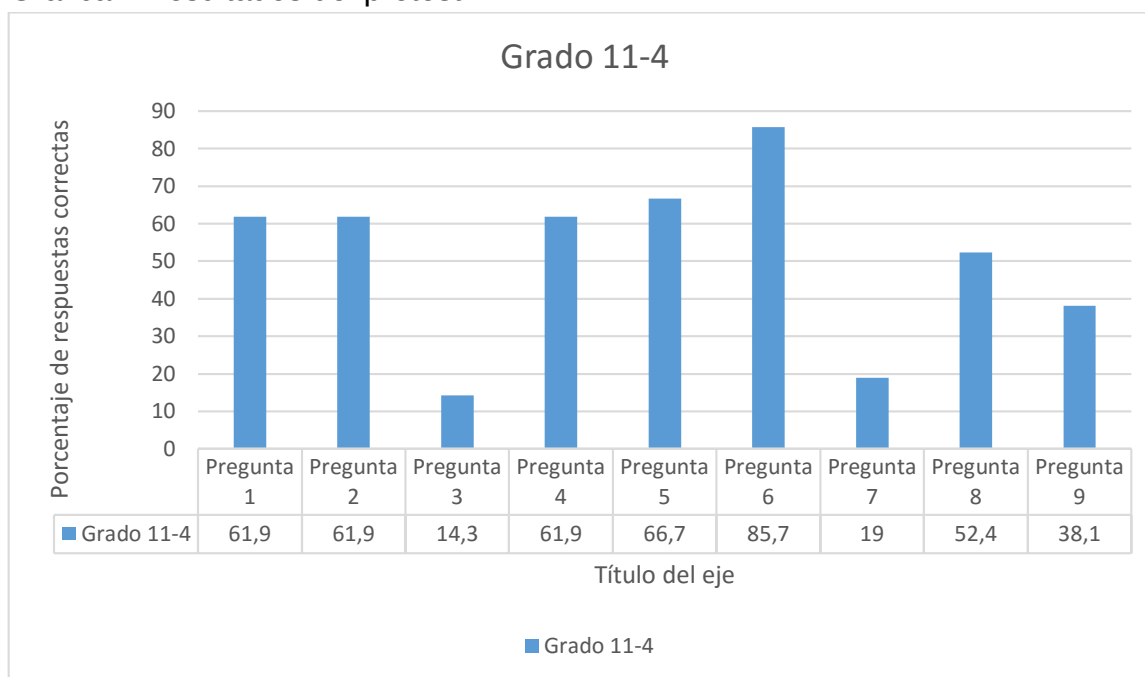
#### 4.1.1.1 Pretest:

Los resultados obtenidos en el pretest se reportan a través de la siguiente tabla de concurrencia y gráfica (ver tabla 3 y gráfica 1):

Tabla 3: resultados del pretest.

| Pregunta | Grupo                          |            |
|----------|--------------------------------|------------|
|          | 11-4                           |            |
|          | Total de estudiantes (21)      |            |
|          | Número de respuestas acertadas | Porcentaje |
| 1        | 13                             | 61.9%      |
| 2        | 13                             | 61.9%      |
| 3        | 3                              | 14.3%      |
| 4        | 13                             | 61.9%      |
| 5        | 14                             | 66.7%      |
| 6        | 18                             | 85.7%      |
| 7        | 4                              | 19%        |
| 8        | 11                             | 52.4%      |
| 9        | 8                              | 38.1%      |
| Total    | 97/189                         | 51.3%      |

Grafica 1: resultados del pretest



Tomando en cuenta lo anterior, pasaremos a analizar las implicaciones de los porcentajes más representativos obtenidos en el pretest para cada uno de los grados, para finalmente generar una observación y explicación general. En consecuencia, el análisis se centró en los porcentajes que estuvieran en un rango de  $x \leq 25\%$  y  $x \geq 75\%$ , o lo que es lo mismo, los porcentajes más bajos alrededor del 25% y los más altos que superaran el 75%.

Con base a lo anterior, a continuación expondremos los resultados y su respectivo análisis:

#### GRADO 11-4:

Para éste grado encontramos los valores más bajos en las preguntas 3 y 7 con sus respectivos porcentajes de 14% y 19%. Como se observa en la tabla 1, éstas preguntas pretenden evaluar como los estudiantes a través del núcleo conceptual de la conservación de propiedades no observables y los niveles de representación determinen a través del razonamiento los valores estequiométricos de una reacción, en el caso de la pregunta 3. En la pregunta 7, se pretende que el estudiante represente simbólicamente la estructura de la molécula obtenida. Por lo que, podemos observar que de acuerdo a los propósitos evaluativos de las pregunta, los estudiantes tienen dificultades en relacionar sus conocimientos del núcleo conceptual de propiedades no observables, estequiometría y el esquema de la proporcionalidad, al poseer la necesidad de encontrar los valores estequiométricos

de una ecuación o molécula. Conocimientos sumamente importantes para la resolución del todo el test.

A pesar de esto, los estudiantes de éste grado son los que obtuvieron en general el porcentaje más alto de éxito en la resolución de las preguntas. Situación que entra en oposición a los valores de dichas preguntas. Entonces, ¿por qué fue tan poco el porcentaje de éxito en estas preguntas? La respuesta puede deberse a la relación de las preguntas con el conocimiento de los índices y coeficientes estequiométricos, los cuales no poseían los estudiantes. En este sentido, se puede inferir que los estudiantes presentaron confusiones en la forma de representar las proporciones en las moléculas y en las reacciones, por lo que no pudieron hacer explícitos sus conocimientos.

Por ésta razón, se interpreta que la dificultad radica en representar explícitamente en el nivel de representación simbólico los valores estequiométricos de las moléculas y reacciones. Así mismo, aunque otras preguntas requieren que los estudiantes determinen las proporciones entre moléculas y ecuaciones químicas, estas o no se encuentran en un nivel de representación simbólico o simplemente les pide que escojan la ecuación que se ajuste mejor al fenómeno descrito; situaciones juntas que le permiten al estudiante poder responder a las preguntas sin necesidad de caer en dicha dificultad. Por todo lo anterior podemos deducir que aunque los estudiantes poseen conocimientos sobre los valores proporcionales que presentan las moléculas y ecuaciones químicas, dichos conocimientos aun no son capaces de representarlos simbólicamente sin la guía del profesor.

En cuanto a los valores más altos, encontramos que los mejores resultados están en las preguntas 5 y 6 con unos porcentajes de 66.7% y 85.7% respectivamente. Estas preguntas, como se ha mencionado muchas veces evalúan en diferentes niveles de dificultad la concordancia existente del manejo de los niveles de representación simbólico y submicroscópico, los conocimientos de la conservación de propiedades no observables (número de partículas e identidad de los átomos) y el esquema conceptual de la proporcionalidad cuando interpretan una reacción. En este sentido, podemos inferir que dado que las características de las preguntas le permiten al estudiante disminuir la carga en su memoria de trabajo y por otra parte trabajan en un nivel de representación submicroscópico, dichas preguntas están dentro de la zona de desarrollo proximal del estudiante, por lo que el nivel de la tarea se encuentra perfectamente sincronizado con lo que el estudiante puede hacer, en un nivel de dificultad perfecto a sus condiciones.

En conclusión se infiere que los estudiantes presentan y relacionan sus conocimientos sobre estequiometría y proporcionalidad, los cuales aunque están en

un grado inicial previo a la instrucción, su desarrollo es relativamente alto, posibilitando en grandes proporciones la oportunidad de aprender dicha temática. No obstante, aún no se encuentran en la capacidad de desarrollar tareas más complejas por lo que requieren de la guía docente para mejorar y desarrollar sus conocimientos, situación que es obvia dado el nivel educativo en el que se encuentran.

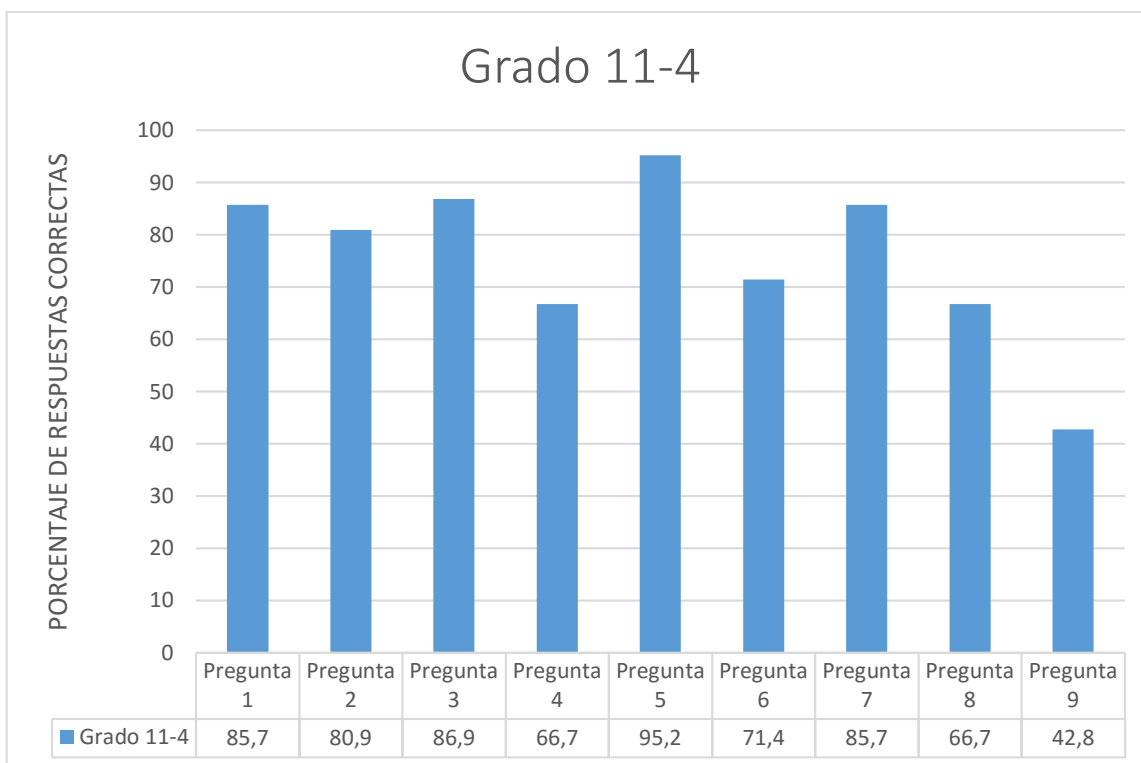
#### 4.1.1.2 Postest:

Los resultados obtenidos en el postest se reportan a través de la siguiente tabla de concurrencia y gráfica (ver tabla 4 y gráfica 2):

Tabla 4: resultados del postest.

| Pregunta | Grupos                         |            |
|----------|--------------------------------|------------|
|          | 11-4                           |            |
|          | Total de estudiantes (21)      |            |
|          | Número de respuestas acertadas | Porcentaje |
| 1        | 18                             | 85.7%      |
| 2        | 17                             | 80.9%      |
| 3        | 20                             | 95.2%      |
| 4        | 14                             | 66.7%      |
| 5        | 20                             | 95.2%      |
| 6        | 15                             | 71.4%      |
| 7        | 18                             | 85.7%      |
| 8        | 14                             | 66.7%      |
| 9        | 9                              | 42.8%      |
| Total    | 145/189                        | 76.7%      |

Grafica 2: resultados del postest.



Tomando en cuenta lo anterior, pasaremos a analizar las implicaciones de los porcentajes más representativos obtenidos en el postest para cada uno de los grados, para finalmente generar una observación y explicación general. En consecuencia, el análisis se centró en los porcentajes que estuvieran en un rango de  $x \leq 50\%$  y  $x \geq 75\%$ , o lo que es lo mismo, los porcentajes más bajos alrededor del 50% y los más altos que superaran el 75%.

Con base a lo anterior, a continuación expondremos los resultados y su respectivo análisis:

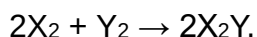
#### Grado 11-4:

En este grado, encontramos el valor más bajo en la pregunta 9, con un porcentaje de 42.8%. %. Esto indica que, se podría pensar inicialmente que los estudiantes aun no logran completamente desarrollar un problema a nivel simbólico y submicroscópico, en donde deban de utilizar sus conocimientos de estequiometría y proporcionalidad con el fin de determinar el reactivo límite de una reacción. Sin embargo, la pregunta anterior aborda este mismo propósito y su porcentaje de respuesta fue de 66.7%, esto muestra que debe de existir una diferencia entre ambas preguntas que ocasiona dicho desacuerdo entre los dos porcentajes.

Ahora bien, si analizamos la estructura de ambas preguntas (ver anexo 1 y 2), podemos encontrar que la 8 expone que el reactivo en exceso es la variable Y, y en la pregunta 9 el reactivo en exceso es la variable X, esto nos puede indicar inicialmente que la diferencia entre los porcentajes se debe a un cambio de variables, sin embargo esto no sería muy razonable, pues dadas las características de éstas y su significado no tendría ningún sentido que los estudiantes le dieran solo a una variable la capacidad de ser reactivo límite y a otra solo la de ser reactivo en exceso, además, durante la instrucción en otro grado los estudiantes nunca presentaron dicha dificultad (ver generalizaciones naturalistas en los datos cualitativos).

En este sentido, el origen del problema radica en otro factor, el cual puede ser la propia dificultad de la pregunta, pues éstas al ser las últimas implica un nivel de razonamiento mucho más elaborado, pues aparte de requerir que el estudiante utilice el esquema de *proporcionalidad* de forma adecuada, también exige el uso del esquema de la *coordinación de dos sistemas de referencia*. Lo anterior se debe a que en este punto del aprendizaje, los estudiantes no solo aplican sus conocimientos de estequiometría, sino que además están construyendo sus conocimientos de reactivo límite y equilibrio químico, lo cual implica que están poniendo en ejecución su esquema de proporcionalidad y comienzan a desarrollar el esquema de coordinación de dos sistemas de referencia. Lo anterior significa que los estudiantes en el momento de implementación del test, aún estaban en un proceso de desarrollo de dicho esquema, por lo que su manejo e implementación no es muy eficiente, haciendo que en algunos casos puedan o no solucionar problemas que impliquen su utilización.

Para entender el punto anterior, analicemos la ecuación de ambos problemas:



La anterior ecuación nos indica que la proporcionalidad entre las moléculas de reactivo es de 2 a 1, en donde se ve que la variable X tiene mayor cantidad de moléculas en relación con la variable Y, por otro lado, solo una de las dos variables posee un coeficiente estequiométrico visible (el 2 de  $2X_2$ ). En consecuencia, cuando los estudiantes realizan la operación de aumentar los valores proporcionales en relación a los valores dados de la tarea, los estudiantes deben analizar dos situaciones posibles para lograr encontrar la respuesta al problema, las cuales son:

- a) los valores que les ofrece la pregunta 8 son de 10 y 8 moléculas para las variables X y Y respectivamente, esto de entrada les permite determinar que al aumentar la proporción de 1 a 8 en la variable Y, la variable X debería aumentar a 16 moléculas, para que se mantenga la proporcionalidad

estequiométrica, lo cual no está en coherencia con los valores ofrecidos en la pregunta (10 moléculas de X y 8 moléculas de Y).

- b) en la pregunta 8, determinar cuánto aumenta proporcionalmente la molécula de X para alcanzar una cantidad de 10 moléculas partiendo de una base de 2 moléculas es relativamente fácil, pues matemáticamente se determina rápidamente que el aumento es de 5, pues los cálculos matemáticos que implica dicho aumento son simples.

En base a los anteriores argumentos, la pregunta 9 presenta una situación igual, pues en ella se les pide a los estudiantes que determinen el reactivo límite y en exceso al utilizar 8 moléculas de X y 3 de Y, lo cual les implica también dos posibles situaciones que deben analizar para determinar la respuesta correcta:

- a) al aumentar la cantidad de moléculas de la variable X de 2 a 8, dicho aumento fue de 4 veces a la cantidad inicial de X, esto les indica que para mantener la proporción en la reacción, la variable Y debe aumentar en la misma proporción, resultando en 4 moléculas de Y, lo cual no está en coherencia con los valores ofrecidos en la pregunta (8 moléculas de X y 3 moléculas de Y).
- b) al aumentar la cantidad de moléculas de la variable Y de 1 a 3, dicho aumento fue de 3 veces a la cantidad inicial de X, indicándoles que para mantener la proporción estequiométrica, la variable X debe aumentar la misma proporción, resultando en 6 moléculas de X, lo cual está en coherencia con los valores ofrecidos en la pregunta (8 moléculas de X y 3 moléculas de Y).

En este sentido, podemos observar que en ambas situaciones los estudiantes para poder encontrar una respuesta, deben de analizar en cada pregunta dos posibles situaciones, condición que implica que ellos utilicen el esquema de coordinación de dos sistemas de referencia (Pozo y Gómez Crespo, 2009), pues deben de representar cada una de las situaciones, analizando y evaluándolas en conjunto para determinar cuál de éstas es la más adecuada para resolver el problema.

Las anteriores tareas de razonamiento resultan muy complejas en la mente del estudiante, pues no solo gasta recurso cognitivo, sino que además sobrecarga la memoria de trabajo al requerir habilidades aun no desarrolladas plenamente y ejecutar varias tareas de manera simultánea. Por tanto, resulta comprensible que los estudiantes hayan podido responder en algunos casos y en otros no problemas que requieran todo este trabajo mental. Así mismo, la acumulación de cansancio mental es un factor que no se desliga del problema, pues al ser la pregunta 9 la última que debían responder, los estudiantes al momento de dar solución a ésta ya

debían de poseer un cansancio acumulado, el cual disminuye sus capacidades de razonamiento.

Es por tal motivo que, se presenta solo un 42.9% de éxito aproximado, pues como solo poseen los conocimientos y habilidades previas al proceso de construcción, los estudiantes no se poseen todos los instrumentos conceptuales y cognitivos necesarios para desarrollar la tarea, pues aún no se encuentran en su zona de desarrollo próximo, dado que están en un proceso de desarrollo inicial de los elementos mencionados. Lo anterior se debe a que, el proceso de enseñanza y aprendizaje es continuo y en espiral, en donde los estudiantes construyen elementos conceptuales y cognitivos que a lo largo de la instrucción se reconstruyen y sirven de punto de partida para otros elementos curriculares. Todo esto, nos permite reconocer que los estudiantes al logrado construir un conocimiento de estequiometría y proporcionalidad interrelacionados, que utilizan para solucionar problemas de la química.

En relación con los porcentajes más altos, encontramos las preguntas 1, 2, 3, 5, y 7 con unos porcentajes de 85.7%, 80.9%, 86.9%, 95.2% y 85.7% respectivamente. En consecuencia, se encuentra que los estudiantes han logrado comprender y desarrollar sus conocimientos y habilidades de proporcionalidad, estequiometría y los tres núcleos conceptuales de la química. Además, integran y relacionan todas estas ideas mientras analizan, interpretan y solucionan problemas desde los diferentes niveles de representación. Así mismo, están en la capacidad de interpretar un fenómeno químico desde un nivel de representación, como por ejemplo el submicroscópico y representarlo o trasladarlo a otro nivel de representación como por ejemplo el simbólico. En este sentido, han logrado no solo la comprensión conceptual e integrada de la estequiometría, sino que además son capaces de interpretar, diferenciar y representar un fenómeno en los tres niveles de representación.

#### **4.1.2 Resultados y análisis del estudio de caso:**

En este estudio la información fue recolectada a través de diversas fuentes documentales, tales como: notas de campo, grabaciones en video de las lecciones y diarios de clase de los estudiantes; con el fin de llevar a cabo la triangulación por fuente. Adicionalmente, finalizada cada lección se procedió a construir un relato narrativo tomando como referencia los incidentes críticos de los videos y las notas de campo, con el propósito de ilustrar las acciones inteligentes e interacciones de los miembros del aula.

En este sentido, los relatos narrativos junto con los diarios de clase de los estudiantes se convirtieron en los datos de esta investigación. Es decir, el cuerpo de conocimiento de estos documentos fue el foco de análisis a través del cual se llevó a cabo el ordenamiento conceptual y teorización con el fin de comprender a profundidad el caso bajo consideración.

Tomando como bases todo este material documental, mediante la teoría fundamentada se procedió a realizar en primer lugar, una *descripción del fenómeno* (selección de los eventos alineados con el problema a investigar); en segundo lugar un ordenamiento conceptual (se codificó los datos que establecimos como significativos; finalmente se procedió a crear nuestra categoría selectiva, la cual es el punto principal y teoría que explica nuestro fenómeno de estudio). Finalmente, se lleva a cabo la fase de teorización, a través de la articulación de las categorías generadas en la fase anterior. Por tanto, a continuación procedemos a describir brevemente cada uno de estos pasos realizados:

#### **4.1.2.1 Descripción del fenómeno:**

Como es de esperar, al recolectar información mediante el estudio de caso, el cual consistía en la observación y análisis del proceso de enseñanza-aprendizaje del tópico de la estequiometría y su relación con el esquema de la proporcionalidad, la información documental obtenida fue abundante y extensa. Por este motivo, se tomó la decisión de seleccionar la información que estuviera alineada con el problema a investigar.

Para ello, se escogieron los eventos críticos que tenían relación con nuestro problema e hipótesis de investigación. Así pues, esta estratégica de investigación permitió describir de manera sutil el fenómeno estudiado. En este sentido, tanto los relatos narrativos como los escritos de los estudiantes tuvieron un primer proceso de interpretación, en el cual se excluyeron aquellos eventos que no estuvieron alineados a nuestra pregunta de investigación.

#### **4.1.2.2 Ordenamiento Conceptual:**

Una vez termina el proceso de selección de los datos documentales más pertinentes para nuestra investigación, el siguiente paso que se realizó fue el de ordenar la información. Para ello, nos basamos en el sistema de codificación abierta, axial y selectiva (Strauss y Corbin, 2002). Dicho análisis o sistematización de los datos, consistió en una comparación constante de las unidades de análisis, las cuales recogía los eventos, fenómenos, situaciones etc.

Esta tarea, produjo un sistema de categorías, con sus respectivas propiedades y dimensiones. De esta forma, cada categoría creada represento de forma abstracta parte del fenómeno de estudio, mediante sus propiedades y dimensiones, éstas no solo las hace diferentes a otras sino que además brindan la posibilidad de establecer puentes de comunicación con otras categorías. Posteriormente, mediante la codificación axial y la selectiva se establecen las relaciones entre las categorías, así pues se escogió una categoría central o medular que vincularía semánticamente las otras categorías.

Por tanto, en la codificación abierta se procedió a analizar cada una de las diferentes unidades de análisis encontradas, del cual se generó conceptos o etiquetas para representar los eventos, fenómenos, etc. Dichas etiquetas, permitieron representar los eventos de forma abstracta. Así se agruparon los diversos eventos que posean las mismas características y propiedades bajo una misma etiqueta. A continuación, en la tabla 5 se observa el proceso de codificación de los relatos narrativos y los escritos de los estudiantes:

Tabla 5: codificación de los relatos narrativos y los escritos de los estudiantes<sup>10</sup>.

| Tipo de dato     | Código     | Número | Nombre                                     | Unidades de análisis | Códigos                                                                                                 |
|------------------|------------|--------|--------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relato narrativo | R-30-07-14 | 1      | Sesión de clase N° 1, 30 de Julio del 2014 | 1                    | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.                                                         |
|                  |            |        |                                            | 2                    | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                    |
|                  |            |        |                                            | 3                    | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales. |
|                  |            |        |                                            | 4                    | Lectura crítica.                                                                                        |
|                  |            |        |                                            | 5                    | Oralidad.                                                                                               |
|                  | R-31-07-14 | 2      | Sesión de clase 2 31 de julio del 2014     | 0                    | 0                                                                                                       |

<sup>10</sup> La codificación de los relatos narrativos se estableció de la siguiente manera: R corresponde a Relato narrativo, 30-07-14 corresponde a la fecha en la cual se realizó la clase y por consiguiente el relato narrativo. Por otro lado, la codificación de los escritos de los estudiantes se estableció de la siguiente forma: E corresponde a escrito de estudiante, mientras que el número que la acompaña, hace referencia el número de escrito.

|  |            |   |                                             |   |                                                                                                                                                                                                    |
|--|------------|---|---------------------------------------------|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | R-06-08-14 | 3 | Sesión de clase N°3, agosto 6 del 2014      | 1 | Lectura crítica.                                                                                                                                                                                   |
|  |            |   |                                             | 2 | Oralidad.                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                             | 3 | Oralidad.                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                             | 4 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                           |
|  |            |   |                                             | 5 | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.                                                                                                                                                    |
|  |            |   |                                             | 6 | Lectura crítica.                                                                                                                                                                                   |
|  |            |   |                                             | 7 | Lectura crítica.                                                                                                                                                                                   |
|  |            |   |                                             | 8 | Oralidad.<br>Escritura comprensiva                                                                                                                                                                 |
|  | R-11-08-14 | 4 | Sesión de clase N° 4, 11 de agosto del 2014 | 1 | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Lectura crítica.                                                                                                                                |
|  |            |   |                                             | 2 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                         |
|  |            |   |                                             | 3 | Oralidad.                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                             | 4 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. |
|  |            |   |                                             | 5 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                            |
|  |            |   |                                             | 6 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                                                                                                               |
|  |            |   |                                             | 7 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                            |

|  |            |   |                                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|------------|---|------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | R-13-08-14 | 5 | Sesión de clase N° 5, agosto 13 del 2014 | 1 | Grupos de discusión.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                          | 2 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural. |
|  |            |   |                                          | 3 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas                                                                                                          |
|  | R-14-08-14 | 6 | Sesión de clase N° 6, agosto 14 del 2014 | 1 | Grupos de discusión.                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                          | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                                                                                                                                                      |
|  |            |   |                                          | 3 | Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas                                                                                                                                                                                                                                      |
|  |            |   |                                          | 4 | Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                                                                                                       |
|  |            |   |                                          | 5 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                                                                                                                                   |
|  |            |   |                                          | 6 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.                                                                                                                                                                                                           |
|  | R-20-08-14 | 7 | Sesión de clase N° 7, agosto 20 del 2014 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.<br>Grupos de discusión.                                                                                                                                 |
|  |            |   |                                          | 2 | Oralidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|  |            |   |                                          |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|------------|---|------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |   |                                          | 3  | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje:<br>Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                       |
|  |            |   |                                          | 4  | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                          | 5  | Lectura crítica.                                                                                                                                                                                                                                                                |
|  |            |   |                                          | 6  | Oralidad.                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|  |            |   |                                          | 7  | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva.                                                                                        |
|  |            |   |                                          | 8  | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva. |
|  |            |   |                                          | 9  | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Oralidad.              |
|  |            |   |                                          | 10 | Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  | R-21-08-14 | 8 | Sesión de clase N° 8, agosto 21 del 2014 | 1  | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.                                                                |

|  |            |   |                                          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|--|------------|---|------------------------------------------|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |   |                                          |   | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Oralidad.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |            |   |                                          | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                      |
|  |            |   |                                          | 3 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural. |
|  | R-25-08-14 | 9 | Sesión de clase N° 9, agosto 25 del 2014 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                              |
|  |            |   |                                          | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                              |

|  |            |    |                                           |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|------------|----|-------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                           | 3 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.                                                                                                                                                                                                                                          |
|  |            |    |                                           | 4 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Oralidad.<br>Grupos de discusión.                                                                                                                                                                                                                                                             |
|  |            |    |                                           | 5 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                                                                                                                                                                                                        |
|  |            |    |                                           | 6 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural. |
|  |            |    |                                           | 7 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                                  |
|  |            |    |                                           | 8 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|  |            |    |                                           | 9 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                                                                                                                                   |
|  | R-27-08-14 | 10 | Sesión de clase N° 10, agosto 27 del 2014 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas<br>Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                  |

|  |            |    |                                               |   |                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------|----|-----------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                               | 2 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Oralidad.                                                                                                           |
|  |            |    |                                               | 3 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva. |
|  |            |    |                                               | 4 | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas                                                                                                |
|  |            |    |                                               | 5 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Escritura comprensiva.                                                                                              |
|  |            |    |                                               | 6 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                       |
|  | R-28-08-14 | 11 | Sesión de clase N° 11, agosto 28 del 2014     | 1 | Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                                     |
|  |            |    |                                               | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                           |
|  |            |    |                                               | 3 | Oralidad.                                                                                                                                                                                                  |
|  |            |    |                                               | 4 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.                                                                                                                        |
|  | R-04-09-14 | 12 | Sesión de clase N° 12, septiembre 4 del 2014: | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva. |
|  |            |    |                                               | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                                                                                                                       |

|  |            |    |                                               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------------|----|-----------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                               |   | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                                                                                                                                |
|  |            |    |                                               | 3 | Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas                                                                                                                                                                                                                             |
|  |            |    |                                               | 4 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad. |
|  | R-04-09-14 | 13 | Sesión de clase N° 13, septiembre 8 del 2014: | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.              |
|  | R-10-09-14 | 14 | Sesión de clase N° 14, septiembre 10 del 2014 | 0 | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  | R-11-09-14 | 15 | Sesión de clase N° 15, septiembre 11 del 2014 | 0 | 0                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|  | R-15-09-14 | 16 | Sesión de clase N° 16, septiembre 15 del 2014 | 1 | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.                                                                                                                                                                                                                                      |
|  |            |    |                                               | 2 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                                                                                           |
|  |            |    |                                               | 3 | Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                                                                                              |

|  |            |    |                                                |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|------------|----|------------------------------------------------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                                | 4 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.                                                                                       |
|  | R-17-09-14 | 17 | Sesión de clase N° 17, Septiembre 17 del 2014: | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas<br>Escritura comprensiva. |
|  |            |    |                                                | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Lectura crítica.<br>Oralidad.                                                                                                                                             |
|  |            |    |                                                | 3 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                             |
|  |            |    |                                                | 4 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                                                                                                  |
|  |            |    |                                                | 5 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.                                                                                                                                                                                                                   |

|  |            |    |                                               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--|------------|----|-----------------------------------------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                               |   | <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.</p>                                                                                                                                                                         |
|  | R-24-09-14 | 18 | Sesión de clase Nº 18, Septiembre 24 del 2014 | 1 | <p>Oralidad.</p> <p>Grupos de discusión.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|  |            |    |                                               | 2 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Oralidad.</p> <p>Grupos de discusión.</p>                                                                    |
|  |            |    |                                               | 3 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Oralidad.</p>                                                                                                |
|  |            |    |                                               | 4 | <p>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|  |            |    |                                               | 5 | <p>Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|  |            |    |                                               | 6 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Oralidad.</p> <p>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.</p> |

|  |            |    |                                               |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------------|----|-----------------------------------------------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |            |    |                                               | 7 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad. |
|  | R-25-09-14 | 19 | Sesión de clase Nº 19, Septiembre 25 del 2014 | 1 | Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                                                                                                                                              |
|  |            |    |                                               | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad. |
|  |            |    |                                               | 3 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural.                                                                  |
|  |            |    |                                               | 4 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.              |
|  | R-25-09-14 | 20 | Sesión de clase Nº 20, Septiembre 29 del 2014 | 1 | Grupos de discusión.                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|  |            |    |                                               | 2 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                                                                                                                                                                                                 |

|                            |     |   |         |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----------------------------|-----|---|---------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            |     |   |         |   | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                                                                                                         |
|                            |     |   |         | 3 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                                                 |
|                            |     |   |         | 4 | Grupos de discusión.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                            |     |   |         | 5 | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                            |     |   |         | 6 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Oralidad.                                                                 |
| Escrito de los estudiantes | E-1 | 1 | Texto 1 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva. |
|                            | E-2 | 2 | Texto 2 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.                                                                                                                                                                                                          |

|  |     |   |         |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|-----|---|---------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |     |   |         |   | <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                                                                                                                                               |
|  | E-3 | 3 | Texto 3 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.</p> <p>Escritura comprensiva.</p> |
|  | E-4 | 4 | Texto 4 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.</p> <p>Escritura comprensiva.</p> |
|  | E-5 | 5 | Texto 5 | 1 | <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                                                    |
|  | E-6 | 6 | Texto 6 | 1 | <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                                                    |
|  | E-7 | 7 | Texto 7 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |

|  |      |    |          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|------|----|----------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      |    |          |   | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                                                                     |
|  | E-8  | 8  | Texto 8  | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                                      |
|  | E-9  | 9  | Texto 9  | 1 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva.      |
|  | E-10 | 10 | Texto 10 | 1 | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                         |
|  | E-11 | 11 | Texto 11 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva. |
|  | E-12 | 12 | Texto 12 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                                                                                                                                                                                                              |

|  |      |    |          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--|------|----|----------|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      |    |          |   | <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>      |
|  | E-13 | 13 | Texto 13 | 1 | <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                                                                                                                                                                 |
|  | E-14 | 14 | Texto 14 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                            |
|  | E-15 | 15 | Texto 15 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p> |
|  | E-16 | 16 | Texto 16 | 1 | <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                                                                                                        |
|  | E-17 | 17 | Texto 17 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p>                                                                                          |

|  |      |    |          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------|----|----------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      |    |          |   | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                                                                     |
|  | E-18 | 18 | Texto 18 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.<br>Escritura comprensiva. |
|  | E-19 | 19 | Texto 19 | 1 | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.                                                                                                                                                                                                                                               |
|  | E-20 | 20 | Texto 20 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                    |
|  | E-21 | 21 | Texto 21 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                    |
|  | E-22 | 22 | Texto 22 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |

|  |      |    |          |   |                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|------|----|----------|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      |    |          |   | <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                               |
|  | E-23 | 23 | Texto 23 | 1 | <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                                                                               |
|  | E-24 | 24 | Texto 24 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p> |
|  | E-25 | 25 | Texto 25 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                   |
|  | E-26 | 26 | Texto 26 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p>                   |
|  | E-27 | 27 | Texto 27 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p> <p>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.</p> <p>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.</p> <p>Escritura comprensiva.</p> |
|  | E-28 | 28 | Texto 28 | 1 | <p>Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.</p>                                                                                                                                                                                     |

|  |      |    |          |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|--|------|----|----------|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |      |    |          |   | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                         |
|  | E-29 | 29 | Texto 29 | 1 | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva.                                                                                                                                                                                                                     |
|  | E-30 | 30 | Texto 30 | 1 | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.<br>Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico.<br>Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.<br>Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.<br>Escritura comprensiva. |

Finalmente, una vez descubiertas las diferentes etiquetas, se comenzó a construir por comparación constante las categorías resultantes de las mismas (ver tabla 5). Dichas categorías, son la integración de conceptos encontrados que posean cierto grado de relación.

Posteriormente, durante el proceso de codificación axial se adscribieron las unidades de análisis a las diferentes categorías, de acuerdo con sus atributos. Para lo cual, se revisó sistemáticamente cada una de las etiquetas. Consecutivamente, se analizaron cada uno de los códigos resultantes, para agrupar a aquellos que poseían características similares. En base a esto, cada vez se reducían los códigos, pues se clasificaban bajo una etiqueta o un código más grande y abstracto, el cual mantuviera las propiedades de los que contenían y permitiera generar explicaciones más generales. Dicho análisis, permitió llevar a cabo una adscripción con mayor grado de credibilidad, con el objetivo de que representara el fenómeno en cuestión.

Finalmente, a continuación ilustraremos cada una de las categorías extraídas de las fuentes documentales, para posteriormente entrar a construir, explicar y teorizar nuestra categoría central y generalizaciones naturalísticas.

Tabla 6: categoría Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales.

| CATEGORÍA                                                                           | SUBCATEGORÍA                                                                        | FRECUENCIA |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales | Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales.                                | 63         |
|                                                                                     | Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico. | 53         |
|                                                                                     | Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones.                   | 58         |
| Frecuencia total de la categoría                                                    |                                                                                     | 174        |

Tabla 7: Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.

| CATEGORÍA                                          | SUBCATEGORÍA                                             | FRECUENCIA |
|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|------------|
| Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado | Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.      | 76         |
|                                                    | Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento.          | 22         |
|                                                    | Dificultades, conocimientos y explicaciones alternativas | 9          |
| Frecuencia total de la categoría                   |                                                          | 107        |

Tabla 8: Competencias lingüísticas.

| CATEGORÍA                        | SUBCATEGORÍA           | FRECUENCIA |
|----------------------------------|------------------------|------------|
| Competencias lingüísticas        | Lectura crítica.       | 7          |
|                                  | Oralidad.              | 29         |
|                                  | Escritura comprensiva. | 43         |
| Frecuencia total de la categoría |                        | 79         |

Tabla 9: Manejo y gestión de la clase.

| CATEGORÍA                        | SUBCATEGORÍA                                                                            | FRECUENCIA |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| Manejo y gestión de la clase     | Grupos de discusión.                                                                    | 8          |
|                                  | Estrategia de enseñanza y aprendizaje: Desde una perspectiva cognitiva y sociocultural. | 14         |
|                                  |                                                                                         |            |
| Frecuencia total de la categoría |                                                                                         | 22         |

- Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales:

Esta categoría reúne las características, dimensiones y propiedades de las subcategorías que la conforman para poder explicar de forma más general nuestro fenómeno de estudio. En este sentido, se centra principalmente en establecer las relaciones entre el esquema de la proporcionalidad y la estequiometría.

A priori podemos observar que tanto la categoría *Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales* y la subcategoría *Relación núcleos conceptuales-esquemas conceptuales* (ver tabla 3) se concentran en las relaciones entre contenidos-esquemas, sin embargo, la diferencia entre la categoría y la subcategoría está determinada no tanto por las diferencias entre sus propiedades, sino más bien por las dimensiones de las mismas. Esto es debido a que la subcategoría, es la conceptualización o representación del fenómeno, en cuanto a las relaciones entre contenidos de la química (estequiometría) y los esquemas conceptuales (proporcionalidad), funcionando como una herramienta cognitiva que le permite al estudiante interpretar y explicar una situación problema. En cuanto a la categoría, ella adquiere un nivel de abstracción y dimensión más alto, dado que vincula las subcategorías *Niveles de representación de la química: submicroscópico, macroscópico y simbólico* y *Uso del esquema de la proporcionalidad para explicar situaciones* (ver tabla 6).

La segunda subcategoría, representa la forma como el estudiante utiliza dichos niveles de representación para explicar e interpretar los problemas y conceptos de la química. No obstante, ésta solo se centra en el uso que el estudiante da a los niveles de representación, dejando de lado que dichos niveles son un medio en el cual él vincula sus conocimientos para generar explicaciones. Es aquí en donde nuestra categoría aumenta su dimensión, pues vincula estos niveles de representación como un medio que le posibilita utilizar las relaciones entre los contenidos y los esquemas para darle sentido una situación o fenómeno. Finalmente, la tercera subcategoría establece el uso del esquema de la proporcionalidad directa durante las explicaciones e interpretaciones del estudiante, en este sentido esta subcategoría radica su interés en evidenciar en que situaciones se utiliza el esquema de la proporcionalidad como herramienta que permita interpretar y generar explicaciones. Por tanto, nuestra categoría, no es más que la integración

semántica de cada una de las subcategorías durante el proceso interpretativo que realiza el estudiante a un fenómeno o concepto.

- **Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado:**  
Nuevamente es recurrente el caso anterior, tanto la categoría como subcategoría poseen los mismo nombres, por lo que las diferencias de ambas radican en las dimensiones que abarcan. En este sentido, la subcategoría *Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado* se centra exclusivamente en representar los eventos y fenómenos relacionados con el aprendizaje mediante la integración de conceptos y tópicos de la química para la explicación de fenómenos u otros conceptos. Por otra lado, en la categoría el estudiante vincula de forma consiente diversos conocimientos de la química contruidos previamente para poder interpretar y explicar un fenómeno o concepto más abstracto y complejo, mediante la relación e integración de los conocimientos que posee con los nuevos que está aprendiendo y la superación de sus dificultades y concepciones alternativas.

En cuanto a la categoría *Relación conocimiento viejo-nuevo conocimiento*, solo se evidenció en que momentos el estudiante vinculaba sus conocimientos contruidos previamente con los conocimientos nuevos, para generar unos conocimientos mucho más amplios. En este sentido, la primera subcategoría se centra en analizar cómo y cuándo los estudiantes vinculan diversos conocimientos de la química para generar nuevos conocimientos, mientras que la segunda solo se centra en representar cuando se establecen dichos vínculos.

Finalmente, la última subcategoría se centra en representar las dificultades y las concepciones alternativas de los estudiantes, las cuales son una herramienta y una de las fases para la construcción de conocimiento nuevo mucho más amplio y desarrollado.

- **Competencias lingüísticas:**  
Esta categoría, nos permite evidenciar cómo durante el proceso de enseñanza y aprendizaje las competencias de la lectura, oralidad, y escritura juegan un papel fundamental. En este sentido, cada una de las subcategorías evidencia en que momento los estudiantes utilizan dichas competencias, mientras que la categoría como tal implica la integración de las mismas durante el aprendizaje y la enseñanza de un tópico en específico.

En consecuencia, en la primera subcategoría se evidencia y registra los eventos en los que los estudiantes durante las clases leen de forma

comprensiva y crítica los textos que se les proporciona o construyen, tanto ellos mismos como los de sus compañeros. Por otro lado, la segunda subcategoría evidencia y registra los eventos en los que se expresan, argumentan y se explican sus opiniones e ideas, como también el debate y contra argumentación de las ideas y pensamientos de otros compañeros. Finalmente, la tercera subcategoría, evidencia y registra los escritos que han construido durante las clases.

Por todo lo anterior, la categoría vincula estas tres competencias lingüísticas de durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, como elementos fundamentales que les permite a los estudiantes comunicar, reflexionar, interpretar, analizar y reconstruir sus ideas y las de sus compañeros. De esta forma, estas competencias sirven de catalizador del proceso de enseñanza y aprendizaje de la temática en cuestión.

- Manejo y gestión de la clase:  
Esta categoría, nos permite evidenciar como la organización de la clase en pequeños grupos de discusión y el acompañamiento y guía del docente a través de un enfoque cognitivo y sociocultural, juegan un papel importante durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes. En consecuencia, cada una de las subcategorías evidencia y registra en que eventos juega un papel importante la estrategia de los pequeños grupos de discusión y el acompañamiento y guía del docente.

Por otro lado, la categoría vincula estas dos estrategias pedagógicas de forma que crea un escenario de transacción de significados y formas de significar. Dicha situación, permite generar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría.

#### **4.1.2.3 Teorización:**

En este apartado, se procedió a construir las generalizaciones naturalísticas a partir del análisis de los datos obtenidos. Para ello, fue importante observar desde los dos tipos de datos (cualitativos y cuantitativos) las relaciones semánticas y explicativas que se podían desarrollar. En este sentido, las generalizaciones que se pudieran construir a partir de los datos, debían de poder relacionar a cabalidad gran parte de los datos, de forma que pudiera explicar el fenómeno en cuestión.

En consecuencia, para desarrollar o construir las generalizaciones naturalísticas, de acuerdo a Strauss y Corbin (2002), se llevó a cabo el proceso de codificación selectiva. Este proceso consta de tres etapas internas: la integración, la

determinación de la categoría central y el refinamiento de la teoría o construcción de las generalizaciones naturalísticas con sus respectivas explicaciones.

Por todo lo anterior, a continuación se muestra la categoría central o medular y las generalizaciones que se construyeron a través de su relación con las demás categorías:

#### **4.2.2.3.1 Categoría central o medular:**

Al realizar el proceso de ordenamiento conceptual, se construyó cuatro categorías que representaban y permiten explicar el fenómeno de estudio. Cada una de ellas a pesar de poseer propiedades y dimensiones específicas que representar partes diferentes de dicho fenómeno, no se desligan entre sí, pues solo se puede comprender y explicar el fenómeno de estudio entre todas. Sin embargo una de nuestras categorías, la categoría: *Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales*, es la encargada de integrar y relacionar las demás categorías. Esto se debe a que no solo posee la frecuencia más elevada en los datos encontrados, sino que además permite integrarse con las demás categorías, como también responde a nuestra pregunta, objetivo e hipótesis de investigación. En este sentido, para lograr construir las generalizaciones, tomamos como base la categoría central encontrada, la cual está compuesta subcategorías. El siguiente que se realizó fue tomar a la categoría que queremos relacionar con nuestra categoría central, una vez escogida, o siguiente fue observar sus características, propiedades, dimensiones y subcategorías.

Una vez tenido todo este material, se procede a construir una idea general en la cual se exprese como nuestra categoría central es apoyada, desarrollada, intervenida o se relaciona con la otra categoría. En este sentido, por ejemplo las tres subcategorías que integran nuestra categoría central (niveles de representación, proporcionalidad y relación núcleos-esquemas) son elementos mediadores importantes en el aprendizaje. Por tanto, estas tres subcategorías son catalizadores o mediadores para lograr un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. De esta forma, las demás categorías fueron construidas.

Por otro lado, a partir de relacionar la categoría central con las demás categorías, se generó las siguientes generalizaciones naturalísticas, las cuales representan y evidencian el vínculo entre la estequiometría y el esquema de la proporcionalidad directa como factores interdependientes que influyen en el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada:

Generalización naturalista a partir de la relación entre las categorías: Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales - Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.

- La articulación de los tres niveles de representación, los esquemas y los núcleos conceptuales de la química, median el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría.

Generalización naturalista a partir de la relación entre las categorías: Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales – Competencias lingüísticas.

- Las competencias lingüísticas (oralidad, lectura y escritura) apoyan la articulación efectiva entre los niveles de representación, esquemas y núcleos conceptuales de la química.

Generalización naturalista a partir de la relación entre las categorías: Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales – Manejo y gestión de la clase.

- La organización y gestión de la clase desde un enfoque constructivista sociocultural brinda la oportunidad para la reflexión, comprensión, explicación y desarrollo de la articulación e integración de los tres niveles de representación, los esquemas y núcleos conceptuales de la química.

#### **4.1.2.3.2 Generalizaciones naturalísticas:**

4.1.2.3.2.1 La articulación de los tres niveles de representación, los esquemas de pensamiento y los núcleos conceptuales de la química, permiten el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría.

Esta generalización, emerge de la integración de nuestra categoría central o medular (Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales) y la categoría de Aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. Sin embargo, a pesar de que estas dos categorías poseen características y dimensiones diferentes en relación a nuestro fenómeno de estudio, su integración y asociación nos permiten comprender y representar una gran parte del proceso de aprendizaje que estamos estudiando en los estudiantes.

Esta idea nos expone que durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría, los estudiantes se valen de sus conocimientos y habilidades en cuanto a la diferenciación y articulación de los tres niveles de representación, los núcleos conceptuales y el esquema de la proporcionalidad de forma articulada para poder interpretar y comprender situaciones problemas de la química, además de los fenómenos y problemas de la estequiometría. En este sentido, cada uno de los aspectos mencionados le aporta al estudiante herramientas y conocimientos que al utilizarlos y relacionarlos les facilita la comprensión y aprendizaje de la gran idea bajo consideración.

En este sentido, la diferenciación e integración de los tres niveles de representación de la química, le brinda a los estudiantes la oportunidad de determinar qué tipo de conceptos son los más apropiados a utilizar para dar explicaciones a los fenómenos estequiométricos. Desde luego, que un nivel superior de conciencia de dicha diferenciación e integración impide que la memoria de trabajo del estudiante se sobrecargue, generando las condiciones cognitivas óptimas para que se establezca una relación estrecha entre el conocimiento nuevo y el que ya está en la memoria permanente. Dicha situación, se encuentra en coherencia con los porcentajes encontrados en la pregunta 3 del Post test, la cual presenta un valor aproximado de 95% (ver tabla 4).

Esta situación es uno de los factores dinamizadores del aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de la gran idea de la estequiometría. Pues, como se mencionó, al poder el estudiante manipular de forma sistemática y consciente la información que está implementando en el momento, su aprendizaje se vuelve más significativo, debido a que es él quien dirige su proceso constructivo.

Por otro lado, al ser conscientes de dicha diferenciación e integración de los tres niveles de representación, el estudiante está en la capacidad de poder interpretar la ecuación química a nivel macroscópico y submicroscópico. En este sentido, las interpretaciones que se desarrollan están en coherencia con la ley ponderal de la conservación de la materia. Por tanto, dependiendo del nivel en el que el estudiante realice su interpretación utiliza propiedades de la materia, por ejemplo, la masa de las sustancias, la cantidad de sustancia y las masas atómicas y moleculares con sus respectivas unidades de cuantificación de la materia (ej., gramos, mol, uma). El anterior hecho se encuentra en coherencia con los porcentajes encontrados en la pregunta 4 del Post test, la cual presenta un valor aproximado de 64% del promedio de porcentaje de los cuatro cursos estudiados (ver tabla 4).

El anterior presupuesto lo podemos observar en la siguiente viñeta:

- Durante el monitoreo del docente podemos apreciar como los estudiantes explican el proceso de formación del ácido, en donde exponen que durante la interacción de las moléculas de agua y óxido, éstas rompen sus fuerzas intra e intermoleculares para así formar un ácido, lo cual lo evidenciamos en el comentario de la estudiante: *“a partir del nivel submicroscópico podemos observar que las moléculas de óxido interaccionan con las moléculas de agua para así crear un ácido, esto mediante la pérdida de energía que ocurre entre el óxido y el agua, donde estas sustancias a nivel molecular rompen sus fuerzas intra y a nivel de átomo rompen sus fuerzas intermoleculares”*. No obstante, los estudiantes dentro de su explicación no argumentan o tienen en cuenta la formación de los enlaces que hace posible la formación de la nueva molécula, por lo que el docente decide intervenir creando un conflicto cognitivo a través de preguntas, para así guiar a los estudiantes en la construcción de una respuesta más certera. En base a esto, los estudiantes logran interpretar que durante la interacción de óxido y agua, los óxidos le transfieren energía a las moléculas de agua, para que de esta forma primero se rompan los enlaces que mantienen unida a cada molécula (óxido y agua) y posteriormente ocurra una reorganización de la materia, creando nuevos enlaces entre átomos y finalmente una molécula de ácido (R-14-8-14, Sesión de clase N° 6).

Finalmente, al comprender a plenitud la diferenciación e integración de los tres niveles de representación, el estudiante posee el medio idóneo donde puede articular, emplear y desarrollar el esquema de la proporcionalidad directa, permitiendo así generar interpretaciones formales de las relaciones estequiométricas. Situación que se evidencia en los porcentajes de las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 6 del Post test, lo cuales presenta un valor aproximado de 79%, 76%, 92%, 64%, 89% y 53% respectivamente, del promedio de porcentaje de los cuatro cursos estudiados (ver tabla 2).

Por otro lado, la continua comprensión y desarrollo de los núcleos conceptuales del currículo de la química (ej., naturaleza discontinua de la materia, conservación de propiedades no observables), brindan al estudiante un corredor conceptual que ha comenzado a recorrer desde los primeros cursos de dicha disciplina. Así pues, durante dicho corredor, el docente a través de una secuencia de actividades de aprendizaje, le permite al estudiante continuar desarrollando sus conocimientos alrededor de los anteriores núcleos. En este sentido, el recorrido a través de los núcleos de la discontinuidad de la materia y conservación de propiedades no observables, le genera un progreso conceptual y procedimental en la comprensión de los estudiantes.

La situación anterior la podemos evidenciar a través del siguiente relato:

- El docente les pregunta a los estudiantes ¿Cómo explicarían que los reactivos se consumen durante la reacción? Por lo cual otro estudiante decide salir al tablero para mostrar su representación y responder al interrogante. El estudiante explica que en el momento de que interacciona las moléculas de óxido con las de agua, sus fuerzas intra e intermoleculares se rompen librando las partículas para que posteriormente se puedan formar nuevas fuerzas entre los átomos las cuales generan la nueva molécula; de esta forma las moléculas iniciales desaparecen y dan lugar a una nueva, dado que los átomos se reorganizan de forma que creen una molécula, de esta forma la reacción continuará siempre y cuando hayan moléculas que permitan crear unas nuevas, pero en el momento que no hayan reactivos la reacción parará. De acuerdo a lo anterior, se logra observar como los estudiantes integran sus conocimientos sobre la conservación de propiedades no observables, la discontinuidad de la materia, las relaciones cuantitativas y la proporcionalidad, de forma que pueda construir una interpretación sobre el fenómeno en cuestión. En este sentido, al lograr integrar sus conocimientos los estudiantes pueden generar explicaciones causales más precisas y elaboradas (R-21-8-14, Sesión de clase N° 8, agosto 21 del 2014).

En la anterior viñeta, podemos apreciar como el estudiante vincula sus conocimientos anteriores de reacción química, fuerzas intermoleculares, fuerzas intramoleculares y conservación de la materia para generar su explicación del fenómeno en consideración. En este sentido, al momento de realizar interpretaciones, ellos toman como base sus conocimientos construidos en otras sesiones, los cuales les permitirán comprender a cabalidad o parcialmente la tarea propuesta. En consecuencia, todo nuevo conocimiento que se va a abordando en la clase retoma lo anterior aprendido, se relaciona con él y le permite generar y construir sus explicaciones.

Así mismo, dicho recorrido le genera en el estudiante un desarrollo paulatino y continuo de sus habilidades cognitivas, las cuales le permitirán comprender, manipular y explicar los fenómenos químicos. En consecuencia, el docente a través de la implementación de un corredor conceptual basado en los núcleos conceptuales de la química, le brinda la posibilidad de construir de modo progresivo una comprensión conceptual de una de las ideas que configuran el contenido de la estequiometría junto con el desarrollo de los esquemas de pensamiento vinculados con dicha idea.

Lo anterior lo evidenciamos en la siguiente viñeta:

- El profesor les pregunta qué esquemas conceptuales, núcleos conceptuales y conocimientos utilizaron para desarrollar su interpretación De lo cual, los estudiantes manifiestan que se utiliza la interacción sistémica, conservación de átomos, flujos

de energía, proporcionalidad; de la cual la proporción de la reacción es de uno a uno, pues por una molécula de óxido se necesita una molécula de agua para que se reorganicen y formen una molécula de ácido. Para concluir el profesor les explica que la proporcionalidad que descubrieron en la reacción, la cual les decía las cantidades de reactivos que se necesitan para crear una cantidad determinada de producto es la estequiometría. (ejemplo de la reacción del ácido sulfúrico  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ ) (R-21-14, Sesión de clase N° 8, agosto 21 del 2014).

De la anterior viñeta podemos observar que los estudiantes para poder realizar sus interpretaciones y explicaciones, tuvieron que determinar la proporcionalidad de la reacción química que analizaban. Esto es debido a que, para poder comprender como se conservaba la materia durante la reacción química y determinar cuáles eran las proporciones en las que los reactivos interactuaban para generar el ácido, debían de utilizar el esquema de proporcionalidad para poder entender dicho fenómeno.

En consecuencia, en el anterior ejemplo, podemos evidenciar como el esquema de la proporcionalidad les permite a los estudiantes poder comprender como se relacionan los reactivos en determinadas proporciones y cantidades, para que durante la reacción química se reorganice la materia, mientras se conserva, y produce una nueva molécula, en la cual se conserva la identidad de los átomos mientras vararía la de las moléculas, situación que le confiere características y propiedades diferentes. En este sentido, solo cuando los estudiantes logran comprender que durante las reacciones químicas se manejan ciertas proporciones estequiometrias entre los reactivos y productos, las cuales determinan el tipo de interacciones que éstas establecen, se logra predecir y entender a nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico la estructura, forma y cantidad de sustancia que posee los productos de las reacciones. De esta forma, se logra comprender en gran medida las reacciones químicas, tanto cotidianas como las que ocurren en el laboratorio.

Lo anterior lo podemos evidenciar en las siguientes viñetas:

- En base al interrogante, uno de los estudiantes responde que dado que la proporcionalidad es de uno a uno, entonces se requiere de quinientas moléculas de agua para producir también quinientas moléculas de ácido sulfúrico (video 2187 minuto 3:10 a 4:37).
- “para mantener una proporcionalidad es necesario que haya tres moléculas de hidrógeno por una de nitrógeno, esto hace que se mantenga la proporcionalidad y por ende el resultado” (video 2188 minuto 0:00 a 2:40).
- , uno de los estudiantes lee el relato desarrollado por su grupo, en el que expresa: “la representación simbólica de la molécula del amoníaco, es una molécula de hidrógeno que interacciona con una molécula de nitrógeno dando como resultado

dos moléculas de amoníaco, el gran interrogante es ¿Cuántas moléculas de cada sustancia se necesitan para dar como resultado dos moléculas de amoníaco? Por lo tanto, para mantener su proporcionalidad necesitamos que tres moléculas de hidrógeno interactúen con una de nitrógeno, pues solo de esta forma podemos mantener la proporcionalidad ya que se daría como resultado una nueva sustancia: dos moléculas de amoníaco” (video 2190 minuto 0:00 a 0:47). En consecuencia, podemos interpretar claramente como en esta parte de la explicación del estudiante sus conocimientos previos, los nuevos conocimientos y sus interpretaciones han evolucionado en comparación a clases anteriores. Así mismo, en su explicación apreciamos claramente cómo se integra el concepto y esquema de la proporcionalidad en su interpretación y explicación del concepto de la estequiometría. En este sentido, no caben dudas que para el estudiante es muy importante el esquema de la proporcionalidad como herramienta que le permite interpretar la estequiometría, pues para interpretarla recurre a la proporcionalidad. Por todo lo anterior, podemos inferir que en este sentido se evidencia claramente como el esquema de la proporcionalidad es fundamental para la interpretación de la estequiometría y así mismo, durante la interpretación de problemas de estequiometría el esquema de la proporcionalidad se desarrolla cada vez más en el estudiante (R-25-8-14, Sesión de clase N° 9, agosto 25 del 2014).

Finalmente, podemos observar como la articulación de los tres niveles de representación, los esquemas de pensamiento y los núcleos conceptuales de la química, permiten el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría mediante los siguientes comentarios de unos estudiantes:

- *“en esta ocasión pasaré a abordar algunos temas que nos ha explicado, como es la estequiometria que son las proporciones en las cuales los elementos forman un compuesto, además este tema enfoca lo que es la proporcionalidad directa, la conservación de las propiedades no observables, la interacción sistémica y la reacción química; lo cual se requiere para comprender este tema” (E-3, Texto 3).*
- *“para dar explicación a las reacciones químicas, hemos usado esquemas tales como la representación simbólica de partículas y a la vez abordamos todas las interacciones que se generan a nivel submicroscópico. Ahora bien, cuando nos referimos a una representación simbólica hacemos énfasis en las formulas químicas, las cuales muestran la interacción entre sustancias. En otras palabras, podemos observar reactivos y sus productos, de los cuales podemos inferir la proporcionalidad que existe entre las moléculas que interaccionan, pues estas mantienen una estabilidad en los átomos que la conforman. Por otro lado, la representación a nivel submicroscópico nos da la opción de poder apreciar todos los enlaces que se generan entre átomos, para así generar una nueva molécula. Cabe decir que, los átomos no pierden su identidad, éstos tan solo se reorganizan formando una nueva sustancia. De igual manera, quisimos intuir la representación a un mundo macroscópico y lo logramos con la unidad de medida MOL. Como ya sabemos, el mol nos permite calcular la cantidad de materia en una sustancia, en*

*consecuencia a esto pudimos calcular la cantidad de la materia en gramos del amónico, a partir de una formula química la cual era  $(3\text{H}_2 + 1\text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3)$ . Para afirmar lo anterior, decimos que para 34 gramos de amónico son necesarios 3 gramos de hidrógeno y 28 gramos de nitrógeno, donde efectivamente pudimos establecer la proporcionalidad” (E-12, Texto 12).*

4.1.2.3.2.2 Las competencias lingüísticas apoyan la articulación efectiva entre los niveles de representación, esquemas y núcleos conceptuales de la química.

Esta generalización emerge de la integración de nuestra categoría central o medular (Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales) y la categoría de competencias lingüísticas. Sin embargo, a pesar de que estas dos categorías poseen características y dimensiones diferentes en relación a nuestro fenómeno de estudio, caso semejante al anterior, su integración y asociación nos permiten comprender y representar una perspectiva diferente, pero igualmente importante del fenómeno estudiado.

Esta idea nos expone que durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría, las competencias de la oralidad, lectura y escritura orientados desde la literatura basada en la investigación juegan un papel fundamental. De hecho, éstas le permiten al estudiante orientado por el profesor en un escenario de transacción de significado y formas de significar, vincular y desarrollar de manera consciente elementos cognitivos como: lenguaje multinivel (tres niveles de representación); y esquemas y núcleos conceptuales. Naturalmente, dicha articulación actúa como un catalizador tanto para que el estudiante logre un aprendizaje conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría, como también alcanzar una forma de pensamiento formal.

Por otro lado, a través de la oralidad, la lectura y la escritura el estudiante puede reflexionar sobre los conceptos ya aprendidos (ej., Mol, compuesto, elemento, reacción química, etc.) con el fin de relacionar los elementos y tópicos que necesite utilizar para construir una proposición con sentido que represente su comprensión del fenómeno estequiométrico. Dicha situación, le permite que recupere de su memoria permanente los elementos aprendidos y los relacione con los aspectos que está tratando de aprender, por medio de un acto reflexivo, analítico e interpretativo, para así poder construir sus propias interpretaciones, relaciones o conocimientos, que le ayuden a comprender a la gran idea de la estequiometría en relación con el esquema de la proporcionalidad.

A partir de los anteriores presupuestos, se evidencia que para los grupos de estudiantes investigados, la competencia de escritura resulta ser un proceso de análisis, reflexión y razonamiento lento y calmado. La cual les brinda la oportunidad de tomar su tiempo y analizar el problema que se le ha planteado, determinar qué elementos necesita para resolver éste, clasificarlos en orden de importancia, relacionarlos y construir una idea que le permita explicarlo. Todos estos procesos cognitivos (esquemas de pensamiento) o de razonamiento, generan el momento idóneo donde el estudiante puede comenzar a recuperar información importante de su memoria de permanente y relacionarla con los elementos del problema al que se enfrenta, para así construir sus propias explicaciones o interpretaciones. Situación que podemos evidenciar en el siguiente texto escrito por un estudiante:

- *“... el tema a tratar es sobre reactivo límite y reactivo en exceso, pero antes de entrar a explicar estos reactivos, quiero retomar un poco sobre la reacción química. Éste es un proceso termodinámico, mediante el cual una o más sustancias por efecto del flujo de energía se transforman. Es decir, que la reacción química determina una nueva sustancia, debido a la reorganización que presentan los átomos cuando se les ejerce un flujo de energía.*

*Por otro lado, es importante recalcar que en una reacción no todos los componentes se consumen o se utilizan en su totalidad mediante el flujo de energía. Y es aquí donde entran dos factores fundamentales de la reacción que son: reactivo límite y reactivo en exceso.*

*El reactivo límite, es aquel que define hasta donde llega la reacción. Es decir, que con este reactivo se puede determinar la cantidad de producto que se puede producir en una reacción y cuando ésta se consume la reacción se detiene.*

*En cuanto al reactivo en exceso, éste no reacciona completamente, sino por el contrario sobra sustancia.*

*Conociendo estos términos de los reactivos, pasaré a abordar un ejemplo con la reacción del amoníaco  $H_2 + N_2 \rightarrow NH_3$ , a partir del hidrógeno y nitrógeno desarrollo el siguiente ejercicio. Si tengo 15 moles de  $H_2$  y 10 de  $N_2$  ¿Cuál será el reactivo límite y el reactivo en exceso y cuantos moles de amónico podría obtener?*

*Para resolver esto, lo primero que se debe hacer es cumplir con la ley de conservación, colocando los coeficientes estequiométricos, que el número de átomos en los reactivos sea igual al número de átomos en los productos. Por lo tanto, la formula queda de la siguiente manera:*

*$3H_2 + 1N_2 \rightarrow 2NH_3$  y de manera submicro se interpreta así: 3 moléculas de hidrógeno interaccionan con 1 molécula de nitrógeno, para obtener de producto 2 moléculas de amoníaco.*

*De lo anterior, pasaré a resolver: si tengo 15 moles de hidrógeno, reaccionan con 5 moles de nitrógeno, sobrando cinco moles de este elemento. Por tanto, en este caso el hidrógeno es el reactivo límite y el nitrógeno es el reactivo en exceso y el producto que se podría obtener sería, 10 moles de amónico...*  
(E-1, Texto1).

Ahora bien, a la lectura, oralidad y escritura le subyacen procesos de análisis, reflexión y razonamiento semejantes, sin embargo, esta última se diferencia principalmente de las demás, debido a que sus procesos resultan de un mayor nivel de complejidad con respecto a la cognición del sujeto. Esto se debe a que, durante la construcción de un texto o escrito, éste debe de poseer una autonomía semántica, situación que requiere establecer relaciones selectivas y jerárquicas entre los diferentes conceptos, con el propósito de comunicar una idea de manera manifiesta o latente. Así mismo, esta propiedad le confiere un nivel de coherencia y cohesión, el cual orienta a la audiencia singular a darle sentido de manera autónoma.

Lo anterior se debe a que dichos procesos de elaboración semántica, están internamente ligados a las características, desarrollo cognitivo y destreza en el manejo y procesamiento de la información, situación que es singular a cada sujeto. Por lo tanto, debido al alto nivel de complejidad cognitiva que requiere la escritura comprensiva, es pertinente que el profesor respete el ritmo de análisis comprensivo de cada sujeto, además, que de forma continua esté orientando las estrategias establecidas por la literatura sobre cómo escribir con coherencia y cohesión. Sin embargo, es necesario establecer un tiempo prudente en el que se asegure que todos o un elevado porcentaje del grupo puedan alcanzar las metas de aprendizaje propuestas.

Por otro lado, la lectura es un proceso reflexivo e interpretativo en el cual el estudiante al extraer la estructura del texto, las relaciones que se establecen entre las ideas, conceptos, argumentos y su respectiva coherencia, puede observar y analizar las ideas manifiestas y latentes que el autor pone en consideración. Así mismo, a través de ésta se producen unos movimientos cooperativos entre autor, texto y lector, los cuales le brindan la posibilidad al último de extraer información importante y complementarla con la que ya posee, para así crear sus propias interpretaciones y conocimientos.

Otro aspecto a tener en cuenta en el proceso de la lectura comprensiva, implica que después de que los estudiantes clasifican, jerarquizan y seleccionan las ideas que expone el autor, éstas deben de pasar por un proceso de diferenciación e integración jerárquica con el corpus de conocimientos e información que ya posee ellos, con el fin de construir significados e interpretaciones. Todo esto implica, que

dentro de la cognición de los sujetos se establecen relaciones e interacciones entre la información que se ha recuperado del texto y la información almacenada en la memoria permanente, para así clasificarlos en orden de importancia, relacionarlos y construir una interpretación con sentido que le sirvan a los sujetos para generar explicaciones o hipótesis sobre aquello que ha analizado, reflexionado y razonado. Situación que podemos evidenciar en los siguientes comentarios de los estudiantes:

- El profesor les pide a los estudiantes que realicen la lectura de un texto, la cual expone una situación problema en la que los desechos tóxicos de una empresa de curtiembres está generando problemas ambientales. Al respecto, una de las estudiantes realiza el siguiente comentario: “cualquier empresa o industria le pueden brindar algún beneficio a la sociedad, por lo que están creando o por que le están dando empleo a mucha gente, pero también puede hacer daño a la capa de ozono, o las plantas o al ambiente”. En este punto los estudiantes presentan un pensamiento muy crítico sobre los beneficios y desventajas que presenta el desarrollo científico, pues aun este puede generar grandes avances para la sociedad, así mismo puede generar grandes problemas (R-6-8-14, Sesión de clase N°3, agosto 6 del 2014).
- Utilizando este mismo texto, el profesor les pide a los estudiantes que le den un sentido al texto, por lo que un estudiante responde lo siguiente: “el sentido que le puedo dar, es que los químicos que están emitiendo las fábricas por medio de su producción son los que están subiendo hacia la capa de ozono en donde están reaccionando con el oxígeno y el hidrógeno y están formando un ácido, pero también tenemos que tener en cuenta que en medio de esta reacción no solamente se está formando el ácido sino que también se está formando agua, por lo tanto podemos concluir que no solamente está lloviendo ácido como tal sino que está lloviendo ácido y también agua”. De acuerdo a esto, se pudo apreciar que la explicación del fenómeno se hace basándose en el concepto de reacción química, así mismo, la estudiante hace énfasis en que durante la reacción se forman otras sustancias, lo que hace inferir que intenta mantener constante el número de partículas que reaccionan, por lo que el núcleo de la conservación de propiedades no observables, puede ser uno de los conocimientos que utilizó para construir su respectiva respuesta. Así mismo, los sujetos se establecen relaciones e interacciones entre la información que se ha recuperado del texto y la información almacenada en la memoria permanente (R-11-8-14, Sesión de clase N° 4, 11 de agosto del 2014).

En consecuencia, en las anteriores viñetas se pudo observar como los estudiantes en base a la información que suministraba el texto y la recuperada de su memoria permanente, construyeron sus propias interpretaciones y explicaciones al fenómeno que abordaba la lectura. En este sentido, se llevaron a cabo procesos de razonamiento, análisis e interpretación que les brindó la posibilidad de integrar sus conocimientos de química para construir nuevos conocimientos o reconocer nuevos

escenarios en donde pueden utilizar sus conocimientos químicos para interpretar y explicar fenómenos.

Finalmente, la oralidad es el proceso por medio del cual los estudiantes pueden expresar su ideas, interpretaciones, explicaciones y argumentos sobre los problemas estequiométricos, ya sea para defender sus propias posturas o para debatir y cuestionar las de sus compañeros. También, a través de ésta se construye una idea o hipótesis, la cual se valida y justifica a por medio de varios argumentos que se crean mediante la reflexión, análisis y razonamiento, ya sean para defender una idea propia o debatir una ajena apoyándose en la evidencia.

En consecuencia, tanto en la construcción de ideas respecto a la estequiometría, como en su debate, los estudiantes constantemente reflexionan, analizan y razonan todos aquellos elementos que están en juego en el aprendizaje de dicha temática. Dicha situación, al igual que la lectura y la escritura, le brindan la oportunidad al estudiante de analizar el problema o justificar la idea que se le plantea en el debate, determinar qué elementos necesita para resolver el problema o justificar dicha idea, los cuales puede extraer de los conocimientos almacenados en su memoria permanente, clasificarlos en orden de importancia, relacionarlos y construir una idea final que le permita explicar dicho problema, justificarlo o cuestionarlo. Así mismo, todos estos procesos cognitivos (esquemas de pensamiento) o de razonamiento, generan el momento idóneo donde se recupera y relaciona la información importante, para así construir explicaciones o interpretaciones. La anterior situación, la podemos evidenciar en el siguiente dialogo entre estudiantes y profesor:

- En continuación a la problemática ambiental causada por la fábrica de curtiembres, el profesor les pregunta ¿qué solución pueden encontrar para el problema de los habitantes? Al respecto, se lleva a cabo el siguiente dialogo entre los grupos: Uno de los grupos argumenta que como solución para el problema que presentan los habitantes, se recomienda trasladar las fábricas a otro sector alejado de la ciudad. No obstante, otro de los grupos argumenta que esta solución resultaría ineficaz debido a que los gases emitidos por la fábrica pueden viajar cientos de kilómetros al ser transportados por el aire. Sin embargo, el docente les cuestiona si lo único que ocurre entre el sistema aire y los gases emitidos por la fábrica es que el primero les sirve de transporte y nada más. En base a esto, los estudiantes argumentan que lo que ocurre entre los dos sistemas es que los gases (óxidos) interaccionan con el agua del aire para generar los ácidos, y posteriormente lluvia ácida, situación que hace que el traslado de la fábrica sea ineficiente, pues ésta generará lluvia ácida en cualquier lugar al que se lleve. Así mismo, argumentan que la solución al problema tendría que ser otra que trasladar la fábrica, y recomiendan que utilicen dentro de la fábrica otros combustibles en vez de los combustibles fósiles y otros materiales, los cuales al usarse no creen óxidos o contaminantes. No obstante, un estudiante

argumenta que de acuerdo a que la pregunta se centraba solo en el efecto que ocasionaba dicha contaminación a una comunidad en específica, dejando de lado los problemas que se generaran en otros lugares, bajo esos criterios si sería válido trasladar la fábrica, aunque dicho traslado genere otros problemas. Sin embargo, se discute que la mejor solución tanto para la comunidad en específico y otros lugares sería cambiar los combustibles y materiales que al usarse generan los contaminantes causantes del problema. En este sentido, se logra observar como en la construcción de ideas al respecto, como en su debate, los estudiantes constantemente reflexionan, analizan y razonan todos aquellos elementos que están en juego. Para así justificar la idea que se le plantea en el debate, determinar qué elementos necesita para resolver el problema o justificar dicha idea, los cuales puede extraer de los conocimientos almacenados en su memoria permanente, clasificarlos en orden de importancia, relacionarlos y construir una idea final que le permita explicar dicho problema, justificarlo o cuestionarlo (R-20-8-14, Sesión de clase N° 7, agosto 20 del 2014).

Para terminar, estas tres competencias son un medio por el cual los estudiantes pueden construir sus interpretaciones, ideas y explicaciones sobre la estequiometría, tanto en un plano intrapsicológico, como interpsicológico. Lo anterior significa que al momento del estudiante reestructurar sus ideas y/o construir unas nuevas respecto a la estequiometría, dentro de la cognición del estudiante ocurren una serie de procesos cognitivos que le permiten reflexionar, analizar y razonar la temática en cuestión. Este proceso intrapsicológico, le obliga al estudiante no solo poner en función no solo sus habilidades cognitivas, situación que ayuda a su desarrollo, sino que además permite que su comprensión y aprendizaje sobre la estequiometría mejore y se desarrolle, pues el mismo implica que deba construir ideas e interpretaciones para luego generar explicaciones o conceptos.

Así mismo, cuando el estudiante debe reestructurar sus ideas y/o construir unas nuevas sobre la estequiometría, pero en el caso de debatir o argumentar una postura, interpretación o explicación, se da un escenario de reflexión, análisis y razonamiento entre varios sujetos. Lo anterior se debe a que durante el diálogo constantemente se construyen y reconstruyen argumentos, los cuales progresivamente son más elaborados y racionales, pues entre los mismos sujetos se validan y critican los mismos al apoyasen en la evidencia. En este sentido, dicho proceso implica una construcción conjunta de saberes e interpretaciones, que como ya hemos visto involucra el uso de los esquemas de pensamiento de los sujetos y la construcción de saberes.

No obstante, vale la pena aclarar que tanto los procesos intrapsicológicos como los interpsicológicos están íntimamente ligados y por lo general son insolubles, pues

estos se dan durante el proceso de transacción de significados y formas de significar. En este sentido, en los anteriores apartados solo se mostró de forma separada con el fin de facilitar la explicación de los procesos que se evidenciaron durante la enseñanza y aprendizaje de la gran idea de la estequiometría en articulación con el esquema de la proporcionalidad directa.

En consecuencia, podemos observar cómo las competencias lingüísticas en un plano intrapsicológico y al mismo tiempo intersicológico, apoyan la articulación efectiva entre los niveles de representación, esquemas y núcleos conceptuales de la química, generando el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría

4.1.2.3.2.2 La organización y gestión de la clase desde los enfoques constructivista cognitivo y sociocultural, brindan la oportunidad para la reflexión, comprensión, explicación y desarrollo de la articulación e integración de los tres niveles de representación, los esquemas y núcleos conceptuales de la química.

Esta generalización emerge de la integración de nuestra categoría central o medular (Relación contenidos específicos del currículo de la ciencia y esquemas conceptuales) y la categoría de Manejo y gestión de la clase. Sin embargo, estas dos categorías poseen características y dimensiones diferentes en relación a nuestro fenómeno de estudio, caso reiterativo como el anterior, su integración y asociación nos permiten comprender y representar una perspectiva diferente, pero igualmente importante del fenómeno estudiado.

Esta idea nos expone que durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría, tanto la organización de la clase en pequeños grupos de discusión, como el acompañamiento y guía del docente a través de un enfoque cognitivo y sociocultural, juegan un papel importante durante el proceso de aprendizaje de los estudiantes. De hecho, estas dos estrategias pedagógicas son las responsables de crear un escenario de transacción de significados y formas de significar para el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la estequiometría. Además, ayuda a vincular y desarrollar de manera consciente elementos cognitivos como: lenguaje multinivel (tres niveles de representación); los esquemas y núcleos conceptuales.

Esto es debido a que tanto el diálogo entre pares en los grupos de discusión, como en la interacción dialógica maestro-estudiante, se exponen y sustentan argumentos y contraargumentos, que al ser reflexionados, analizados y razonados por los estudiantes, se pone en juego gran parte de sus habilidades cognitivas, o mejor

dicho su esquema cognitivo entra en acción, durante la recuperación de información de la memoria permanente, la utilización de los esquemas de pensamiento y relacionar y utilizar todos estos elementos en la memoria de trabajo con el objetivo de vincularlos con la nueva información a aprender. Dicha situación, es el escenario idóneo donde posteriormente se llevarán a cabo los procesos de oralidad, lectura y escritura, en el sentido en que es en este medio donde se puede dar a conocer, sustentar y reorganizar las ideas y argumentos contruidos, ya sean almacenados en sus memorias o escritos en textos.

Todos los procesos cognitivos mencionados, al estar en términos de la relación entre la estequiometría y la proporcionalidad, y ser orientados por algunas de las estrategias pedagógicas mencionadas, son en síntesis la amalgama que ponen en juego y desarrollan el aprendizaje del estudiante. Por tanto, vale la pena evidenciar cada una de estas estrategias durante el proceso de enseñanza y aprendizaje de nuestro grupo investigado.

La primera estrategia pedagógica, la organización de la clase en pequeños grupos de discusión, permite al docente y al estudiante generar un espacio de reflexión y debate entre pares académicos, donde por medio de la discusión se ponen en juego hipótesis y argumentos, para luego ser reflexionadas, analizadas y razonadas en conjunto. En consecuencia, en primer lugar, cada estudiante deberá construir internamente sus propias interpretaciones, hipótesis o argumentos (proceso intrapsicológico), proceso que como ya hemos comentado en otros apartados le obliga a recuperar información de su memoria permanente, clasificarlos en orden de importancia, relacionarlos y construir una idea con sentido, la cual le sirva de argumento, explicación o hipótesis sobre el tema en discusión, el cual es nuestro tema de investigación (estequiometría-proorcionalidad). Por tanto, durante todo este proceso intrapsicológico, tanto sus conocimientos de estequiometría, como su esquema de proporcionalidad y demás esquemas y conocimientos al respecto, son desarrollados y puestos en juego, de forma que se pueda generar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. Sin embargo, dichos procesos no implican necesariamente la construcción de conocimiento para el aprendizaje de la temática en cuestión, sino que más bien son la materia prima o constructos iniciales que servirán de material y recurso cognoscitivo para el aprendizaje que ocurre durante la discusión.

Lo anterior, lo podemos evidenciar en la siguiente viñeta (interpretación construida después de un proceso intrapsicológico), en la cual se puede observar todos los elementos conceptuales que utilizó la estudiante para construir su interpretación. Así mismo, se observa las deficiencias y elementos que no tomo en cuenta ya sea

porque aún está en construcción su interpretación o todavía no ha construido las suficientes relaciones conceptuales necesarias:

- *“En el siguiente párrafo entraremos a explicar el proceso de la ecuación química del amoníaco, la cual es  $H_2 + N_2 = NH_3$ , en donde las moléculas de nitrógeno interaccionan con las moléculas de hidrógeno, conservando sus átomos, dando así como resultado una nueva sustancia llamada amoníaco, representada así por  $NH_3$ ” (Video 2197 0:00 a 0:50).*

En segundo lugar, después de que cada estudiante construye sus propias interpretaciones, hipótesis o argumentos al interior de los pequeños grupos de discusión, éstos se ponen en discusión y debate con las ideas y criterios de sus pares. Dicha situación, como se mencionó en otro apartado, ubica al estudiante en la situación de justificar o debatir tanto sus propias ideas como las de sus compañeros. En este sentido, se sitúa un intrincado proceso de reflexión, análisis y razonamiento, donde constantemente se recupera, se relaciona y selecciona información que de manera progresiva permiten construir ideas o interpretaciones que ayuden a elaborar la solución más ajustada al problema en cuestión.

Por tanto, durante dicho debate, constantemente se construyen y reconstruyen argumentos, los cuales progresivamente son más elaborados y racionales, pues el debate así lo exige. Situación que, le demanda al estudiante que recupere, relacione y seleccione conocimientos correspondientes a la estequiometría, mientras desarrolla su esquema de proporcionalidad directa; generando así un ambiente para el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la estequiometría.

En efecto, todo este proceso interpsicológico crea un escenario idóneo de construcción de saberes, además, ayuda a desarrollar los esquemas de pensamiento de orden superior, pues todos éstos median dicho proceso de transacción de significados y formas de significar el cual se traduce en un aprendizaje progresivo de la idea de la estequiometría.

Lo anterior, lo podemos evidenciar en la siguiente viñeta (interpretación construida después de un proceso interpsicológico), la cual continúa después del comentario de la estudiante, visto en la viñeta anterior:

- *Una integrante del mismo grupo determina que su respuesta estaba un poco incompleta, pues no se abordaron conceptos y explicaciones que considera después de escuchar la respuesta, que son claves para interpretar la reacción del amoníaco, entre ellos está el flujo de energía, rompimiento y creación de enlaces, etc (poner que es relato Video 2197 0:50 a 1:49).*

Por todo lo anterior, podemos determinar que tanto inter como intrapsicológicamente, se lleva a cabo un proceso de análisis, reflexión y razonamiento que le permite a los estudiantes construir, desarrollar e integrar tanto sus conocimientos de estequiometría, como el esquema de la proporcionalidad, para así alcanzar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado del tópico en cuestión; como también otros esquemas y conocimientos.

Por otro lado, la segunda estrategia pedagógica puesta en consideración, el acompañamiento y guía del docente a través de los enfoques cognitivo y sociocultural, al igual que la anterior, juega un papel catalizador del proceso de aprendizaje, pues genera espacios de construcción y reconstrucción de saberes en los niveles intra e interpsicológicos. Dicha situación, es debido al ambiente de aprendizaje que construye el maestro pues debe crear un escenario de apoyo libre de amenazas, que permite de manera eficiente la transacción de significados y formas de significar. En éste, cada estudiante construye internamente sus propias interpretaciones, hipótesis o argumentos (proceso intrapsicológico) y en segundo lugar, dichas ideas a través de preguntas ajustadas al nivel y desarrollo cognitivo y psicosocial de cada estudiante, se ponen en discusión y debate, para así generar ideas e interpretaciones más desarrolladas (proceso interpsicológico).

Todos estos procesos como ya hemos visto permiten que tanto sus conocimientos de estequiometría, como la proporcionalidad y demás esquemas y conocimientos al respecto, sean desarrollados y puestos en juego, de forma que se pueda generar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado. Así mismo, gracias a la intervención y guía docente, se monitorea el nivel de comprensión y confusión de los estudiantes, pues en el caso de detectar un incidente crítico, poder determinar cuál es el elemento que genera confusión y producir una estrategia para superarlo. Dicha situación, ayuda a que los conocimientos, ideas o explicaciones que genera y construye el estudiante durante el diálogo, se muevan desde una concepción intuitiva a una más cercana al pensamiento científico.

En otro aspecto, a diferencia de la primera estrategia pedagógica mencionada, al ser el maestro el que orienta el aprendizaje de la gran idea de la estequiometría y desarrollo del esquema de la proporcionalidad, éste está guiado por la sabiduría y experiencia del mismo, pues es consciente de las dificultades y limitaciones para el aprendizaje de este tema. Por lo que las tareas y metas de aprendizaje que establece alcanzar, están en correspondencia a las capacidades y habilidades que poseen los estudiantes, para que lo que se desea que se aprenda esté dentro de la zona de desarrollo próximo de cada uno. Por todo lo anterior, dicha estrategia, crea

un ambiente de aprendizaje direccionado, que cataliza el aprendizaje de los estudiantes, mientras éste está limitado a las condiciones intrínsecas de cada uno.

Lo anterior, lo podemos evidenciar en la siguiente viñeta (diálogo de un proceso interpsicológico):

- El profesor les pregunta a los estudiantes ¿qué conceptos debemos de utilizar o que unidades de la química debemos de utilizar, para llevar la conceptualización del mundo submicro y simbólico al mundo macroscópico de la estequiometría? los estudiantes afirman que el concepto que se utiliza como puente entre el nivel submicroscópico y al nivel macroscópico es el concepto de mol. En este sentido, el profesor les explica que van a realizar en la tarea y el porqué de la misma, la cual consiste en interpretar una ecuación química ( $\text{H}_2 + \text{N}_2 \rightarrow \text{NH}_3$ ) desde el nivel de representación macroscópico. Por consiguiente, una de las estudiantes nos comunica lo que interpretaron de la ecuación: *"para dar explicación a las reacciones químicas, hemos usado esquemas tales como la representación simbólica de partículas y a la vez abordamos todas las interacciones que se generan a nivel submicroscópico. Ahora bien, cuando nos referimos a una representación simbólica hacemos énfasis en las formulas químicas, las cuales muestran la interacción entre sustancias. En otras palabras, podemos observar reactivos y sus productos, de los cuales podemos inferir la proporcionalidad que existe entre las moléculas que interaccionan, pues estas mantienen una estabilidad en los átomos que la conforman. Por otro lado, la representación a nivel submicroscópico nos da la opción de poder apreciar todos los enlaces que se generan entre átomos, para así generar una nueva molécula. Cabe decir que, los átomos no pierden su identidad, éstos tan solo se reorganizan formando una nueva sustancia. De igual manera, quisimos intuir la representación a un mundo macroscópico y lo logramos con la unidad de medida MOL. Como ya sabemos, el mol nos permite calcular la cantidad de materia en una sustancia, en consecuencia a esto pudimos calcular la cantidad de la materia en gramos del amónico, a partir de una formula química la cual era ( $3\text{H}_2 + 1\text{N}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$ ). Para afirmar lo anterior, decimos que para 34 gramos de amónico son necesarios 3 gramos de hidrógeno y 28 gramos de nitrógeno, donde efectivamente pudimos establecer la proporcionalidad"*. En consecuencia, con la guía del profesor, los demás estudiantes analizan e interpretan lo expuesto por la compañera, en donde corrigen el uso que le da al concepto de mol, pues cuando lo utiliza omite el proceso en el que utiliza los moles para conseguir la cantidad de gramos que estos contienen; pues como la estudiante manifiesta, utiliza directamente la cantidad de gramos sin explicar cómo logro interpretar dicha cantidad. No

obstante, la macro estructura y escritura del texto fue muy clara y coherente (R-15-9-14, Sesión de clase N° 16, septiembre 15 del 2014).

De esta forma, al igual que la anterior podemos determinar que tanto el proceso de aprendizaje inter como intrapsicológico, están mediados por el análisis, la reflexión y el razonamiento, los cuales le permite a los estudiantes construir, desarrollar e integrar sus conocimientos de la estequiometría, además, desarrollar el esquema de la proporcionalidad, con el fin de darle sentido a los fenómenos químicos donde intervienen los cálculos estequiométricos.

Finalmente, podemos observar que la organización de la clase en pequeños grupos de discusión, el acompañamiento y la guía del docente a través de un enfoque cognitivo y sociocultural, apoyan y permiten el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría. Situación que se lleva a cabo mediante la articulación efectiva entre los niveles de representación, esquemas y núcleos conceptuales de la química, los cuales son los elementos conceptuales y cognitivos que el sujeto emplea para interpretar, analizar y razonar los fenómenos estequiométricos.

## CONCLUSIONES

A lo largo de esta investigación se ha evidenciado la estrecha relación interdependiente que existe entre el esquema de la proporcionalidad directa y la gran idea de la estequiometría. Relación en la cual el esquema de la proporcionalidad le permite al sujeto interpretar y manipular los fenómenos y problemas estequiométricos, mientras que la gran idea de la estequiometría genera el ambiente y medio idóneo para desarrollar y mejorar dicho esquema de pensamiento. Dicha relación, se ha logrado evidenciar a través de los resultados y análisis de los datos.

En consecuencia, los resultados y el análisis de los test permitieron realizar una representación a nivel general del estado inicial y final de las dificultades, limitaciones, conocimientos y habilidades que poseen los estudiantes de grado once respecto al aprendizaje de la gran idea de la estequiometría en relación con el esquema de la proporcionalidad. Así mismo, los resultados y análisis del estudio de caso brindó la posibilidad de comprender a profundidad el proceso de enseñanza y aprendizaje de dicha temática, donde se evidenciaron los factores que juegan un papel importante para el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de cada una de las ideas que configuran el tópico de la estequiometría, los cuales se traducen en las generalizaciones naturalistas que documentan dicho proceso.

Así pues, la metodología de perspectiva cuantitativa brindó la oportunidad de ver que, previo al proceso de instrucción mediante un enfoque cognitivo-sociocultural, los estudiantes de grado once presentan restricciones para utilizar la proporcionalidad directa con el fin de interpretar las reacciones químicas tanto en términos atómicos/moleculares como en relaciones estequiométricas. A pesar de que ellos manifiestan que existe una conservación tanto en el número de átomos como en la identidad de éstos (conservación de los átomos y su identidad), no lo logran vincular el núcleo de la conservación de propiedades no observables con las relaciones estequiométricas fundadas en el esquema de la proporcionalidad. De forma que, al analizar e interpretar las reacciones químicas, cuando éstas manejan grandes cantidades, no logran determinar cómo la materia se reorganiza de forma que se mantenga el principio de conservación de propiedades no observables, pues aún no son capaces de determinar valores y relaciones proporcionales en dicha reacción.

Vale la pena aclarar que, la naturaleza del concepto de reacción química posee un grado de abstracción alto, pues requiere de grandes recursos cognitivos para lograr que los estudiantes recreen en su mente los procesos que se llevan a cabo en el mismo. Por ésta razón, se evidencia que previo a la instrucción, los estudiantes

posiblemente no logran vincular fácilmente la proporcionalidad con las reacciones químicas. Por otro lado, se evidenció que los estudiantes todavía no están preparados para realizar análisis interpretativos en los cuales vinculen sus conocimientos de proporcionalidad, conservación y propiedades no observables en el proceso de reacción química en un nivel de representación simbólico.

Por tanto, se comprobó que aunque un gran porcentaje de estudiantes habían desarrollado el núcleo conceptual de discontinuidad, conservación de propiedades no observables y poseían algunos esquemas de pensamiento desarrollados, todavía no estaban en la capacidad de integrar sus conocimientos con el esquema de la proporcionalidad directa, para comprender e interpretar los fenómenos estequiométricos. Dicha situación, nos muestra que los estudiantes están en el momento idóneo en donde a través de la intervención y guía docente, podrán articular y relacionar sus conocimientos químicos previamente elaborados. Además, construir su conocimiento estequiométrico y desarrollar el esquema de la proporcionalidad directa de forma que todos éstos al integrarse y relacionarse, les permitan alcanzar un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado.

Después del proceso de instrucción, se evidenció que los estudiantes lograban interpretar fenómenos químicos en los diferentes niveles de representación y determinar la proporcionalidad de las reacciones implicadas. Todo ello, a través de la construcción e integración del esquema de la proporcionalidad y la gran idea de la estequiometría, el desarrollo de la integración y diferenciación de los tres niveles de representación, el desarrollo del núcleo conceptual de la discontinuidad, el de conservación de propiedades no observables y los esquemas conceptuales de interacción sistémica y conservación. Así mismo, lograron interpretar y analizar las reacciones químicas a través de diferentes tipos de representaciones simbólicas (formulas y modelos icónicos), determinando las proporciones estequiométricas de las reacciones.

De hecho, debido a que el nivel de representación simbólico, le permite al estudiante comunicar las propiedades y transformaciones de la materia, las cuales ha interiorizado y comprendido, éste presenta un gran nivel de dificultad. Por lo que, para poder representar y diferenciar dicho nivel, los estudiantes deben de apoyarse en los conocimientos científicos, matemáticos y sus habilidades cognitivas que han desarrollado a través de la escolarización. Por tanto, no solo este nivel de representación le brinda la posibilidad al estudiante de integrar los aspectos anteriores en una ecuación química, la cual representa un fenómeno estequiométrico; sino que dicha condición puede resultar muy compleja para los estudiantes que estén en proceso de desarrollo y construcción de conocimiento. En este sentido, al evidenciar que los estudiantes estudiados alcanzaron la capacidad

de diferenciar e integrar dicho nivel, podemos interpretar que han interiorizado los tópicos o temáticas que se les han enseñado, pues han logrado comprender, representar y comunicar las ecuaciones químicas durante la resolución e interpretación de fenómenos estequiométricos.

Sin embargo, en algunos fenómenos estequiométricos aparte de requerir que el estudiante utilice el esquema de *proporcionalidad* de forma adecuada, exige también el uso del esquema de la *coordinación de dos sistemas de referencia*, situación que aumenta en gran medida la complejidad del análisis e interpretación de un fenómeno estequiométrico. En base a dicha situación, se encontró que muchos de los estudiantes no lograban resolver en todos los casos estos problemas, pues aunque un mismo estudiante algunas veces lograba comprender y resolver un problema estequiométrico con este carácter, en otros casos no lo lograba. Lo cual nos indica que el éxito o fracaso de dichos problemas no eran fijos.

Dicha situación, se debe a que en este punto del aprendizaje los estudiantes no solo aplican sus conocimientos de estequiometría, sino que además están construyendo sus conocimientos de reactivo límite y equilibrio químico. Lo cual implica que en ese momento del aprendizaje, tanto están poniendo e implementando el esquema de proporcionalidad, como inician el desarrollo del esquema de coordinación de dos sistemas de referencia. Por esta razón, se presenta dicha incertidumbre en la resolución de estos problemas estequiométricos. Lo anterior es debido a que apenas se está desarrollando el esquema de coordinación, es decir, no lo dominan y comprenden completamente para utilizarlo con los esquemas y conocimientos antes mencionados. Todo ello, resulta muy complejo, debido al gasto de recurso cognitivo y memoria de trabajo.

Gracias a esto, se logró observar que durante el proceso de aprendizaje los estudiantes constantemente desarrollan e integran conocimientos y esquemas de pensamiento de manera coligada. Elementos que, a través de todo el proceso se retoman tanto durante la construcción de nuevos conocimientos, como en el desarrollo de nuevos esquemas. Así mismo, los conocimientos y habilidades ya aprendidas se desarrollan más.

Para concluir esta parte, se logró evidenciar a través del pretest y postest, que para lograr un aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría, los estudiantes construyeron e integraron su conocimiento estequiométrico y el esquema de la proporcionalidad, como dos elementos interdependientes que les permiten comprender, interpretar y explicar los fenómenos estequiométricos. Así mismo, la diferenciación e integración de los tres niveles de representación son un pilar fundamental durante dichos procesos

interpretativos y explicativos. Adicionalmente, los conocimientos y habilidades ya aprendidas se retoman constantemente tanto para mejorarse como para ayudar en la comprensión y desarrollo de esquemas y conocimientos nuevos.

Por otro lado, los resultados y análisis de perspectiva cualitativa brindaron la posibilidad de comprender a profundidad el proceso de enseñanza y aprendizaje de dicha temática. Éste evidenció los factores que juegan un papel importante para el aprendizaje por comprensión conceptual e integrada de cada una de las ideas que configuran el tópico de la estequiometría, los cuales se traducen en las generalizaciones naturalistas que documentan dicho proceso.

No obstante, aunque cada una de las generalizaciones naturalistas que se construyeron nos permite interpretar de forma integral el fenómeno de estudio escogido, es realmente la nuestra primera generalización naturalista (*La articulación de los tres niveles de representación, los esquemas de pensamiento y los núcleos conceptuales de la química, permiten el aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de la gran idea de la estequiometría*) la que nos permite alcanzar nuestro principal objetivo. Así mismo, esta generalización es la que nos permite comprobar y justificar nuestra hipótesis de investigación.

En este orden de ideas, nuestra primera generalización evidenció como la articulación de los tres niveles de representación, los núcleos conceptuales de la química y los esquemas de pensamiento durante el proceso de enseñanza y aprendizaje, ayudan al proceso de aprendizaje por comprensión conceptual e integrado de los fenómenos y problemas estequiométricos. En este sentido, cada uno de los elementos mencionados les brinda a los estudiantes la oportunidad de llevar a cabo este tipo de aprendizaje.

Así mismo, se encontró que la articulación y diferenciación de los tres niveles de representación dan la oportunidad de comprender, interpretar y explicar las ecuaciones y reacciones químicas, a través de las unidades de medidas pertenecientes a cada respectivo nivel. Por tanto, dependiendo del nivel en el que el estudiante realice su interpretación puede utilizar diferentes unidades de medida y cuantificación de la materia (ej., gramos, mol, uma). Igualmente, al ser consciente el estudiante del nivel de representación en el que está realizando sus interpretaciones, se evita que su memoria de trabajo se sobrecargue, situación que ayuda crear un ambiente de aprendizaje más óptimo.

Por otro lado, aunque no era objetivo del trabajo, se observó que la implementación y comprensión de los núcleos conceptuales de la química, les brindan a los estudiantes un corredor conceptual por el que moverse, el cual genera un progreso

conceptual y procedimental en la comprensión de los estudiantes. Esto es debido a que dado que los núcleos conceptuales se fundan en las dificultades y limitaciones del aprendizaje, los esquemas de pensamiento y conocimientos asociados a cada núcleo, al emplearse durante la planeación y secuenciación inteligente de las clases, el profesor construye una propuesta educativa la cual pone en consideración grandes elementos que permiten potenciar el aprendizaje de los estudiantes. Así, el maestro logra construir un corredor conceptual y procedimental para el aprendizaje de la química

En consecuencia, dicho recorrido, genera en el estudiante un desarrollo paulatino y continuo de sus habilidades cognitivas, las cuales le permitirán comprender, manipular y explicar los fenómenos químicos. Por tanto, durante el aprendizaje los conocimientos y habilidades ya aprendidas se retoman constantemente tanto para mejorarse como para ayudar en la comprensión y desarrollo de esquemas y conocimientos nuevos.

Finalmente, se encontró que el esquema de la proporcionalidad es quien les permite poder comprender como los reactivos y productos se relacionan en determinadas proporciones y cantidades durante una reacción química. Pues a través de ésta, se logra interpretar, analizar y razonar cómo la materia se reorganiza, mientras se conserva, para producir unas nuevas moléculas, en la cual se conserva la identidad de los átomos mientras vararía la de las moléculas, situación que le confiere características y propiedades diferentes.

Por tanto, la proporcionalidad junto con las relaciones conceptuales y los modelos teóricos, permiten dar significado y coherencia a la conservación de las propiedades no observables de la materia, mientras le permite al estudiante poder determinar cuáles son las proporciones en las que los reactivos interactuaban para generar moléculas. Así, solo cuando los estudiantes logran comprender que durante las reacciones químicas se manejan ciertas proporciones estequiometrias entre los reactivos y productos, los cuales determinan el tipo de interacciones que éstas establecen, se logra predecir y entender a nivel macroscópico, submicroscópico y simbólico la estructura, forma y cantidad de sustancia que posee los productos de las reacciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADEY, P. y SHAYER, M., Yates, C. (2001). *Thinking Science*, (3ra ed.). CD-ROM version. Nelson Thornes (También disponible en versión impresa).
- Bárcena, Fernando. Mèlich, Joan-Carles. (2000). *La educación como acontecimiento ético*. Barcelona: Paidós. pp. 149-190
- Candela, B. (2012). *La captura, la documentación y la representación del CPC de un profesor experimentado y “ejemplar” acerca del núcleo conceptual de la discontinuidad de la materia*. Santiago de Cali: Universidad del Valle.
- Carretero. M, López. A, Pozo. J, León. J, Pérez. E, Asensio. M. (1992). Psicología de la instrucción, razonamiento y conocimientos específicos. *Infancia y aprendizaje*. 59-60, 11-29.
- Chang, Raymond. y Goldsby, Kenneth. (2013). *Química*. (Undécima ed.). Traducido por Sergio Sarmiento Ortega y Erika Jasso Hernán. Bogotá. Mc Graw Hill.
- Contreras, Antonio y García, Juan. (2008). Componentes cognitivos que favorecen la adaptación social en la infancia: Prevención del bullying desde la educación infantil. *International Journal of Psychology and Psychological Therapy*. Vol 8, no. 2, 217-226.
- Cortes, Sandra., Cotuá, José. (2014). Using Audience Response Systems during Interactive Lectures To Promote Active Learning and Conceptual Understanding of Stoichiometry. *Journal of Chemical Education*. Vol 91, 673-677.
- Doise, Willem. (1990). La elaboración social de los instrumentos cognitivos: Del postulado a la experimentación. *En Aspectos cognitivos de la socialización en la edad evolutiva*. Buenos Aires: Ediciones Nueva visión. pp. 49-70.
- Flavel, John H. (1998). *Psicología evolutiva de Piaget*. (4ta ed.). Traducción Marie Thérèse Cevasco de Barcelona: Paidós.

- Flores, J. Caballero, M. Moreira, M. (2009). El laboratorio en la enseñanza de las ciencias: Una visión integral en este complejo ambiente de aprendizaje. *Revista de investigación*, N°68. Vol, 33, 75-104.
- Fourez, Gérard. (2006). *La construcción del conocimiento científico: filosofía y ética de la ciencia*. Madrid: Narcea, pp. 25-69.
- García de cajén, Silvia. Domínguez, José. y García-rodeja, Eugenio. 2002. Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista del currículo oficial. *Enseñanza de las ciencias*, Vol 20(2), 217-228.
- Ghassan, Sirhan. (2007). Learning difficulties in chemistry: an overview. *Journal of turkish science education*. Vol 4 no. 2, 2-20.
- Johnstone, A. (1982). Macro and Micro Chemistry. *In School Science Review*. Vol 64, no. 277, 377-379.
- Kawulich. B. (2005). La observación participante como método de recolección de datos. *Forum: Qualitative Social Research*. Vol 6, no 2.
- Lewis, Soraya. Cuesta, Mavenka. Ghisays, Yolima. Romero, Lidia. (2004). La adaptación social y escolar en niños con y sin trastorno por déficit de atención e hiperactividad (TDAH) de la ciudad de Barranquilla (Colombia). *Psicología desde el Caribe*, 14: 125-149.
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1955). *De la logique de l'enfant à la logique de l'adolescent*. París. PUF.
- Inhelder, B. y Piaget, J. (1996). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente*. Traducido por María Teresa Cevalasco de Buenos Aires. Paidós.
- Okuda, M. y Gómez-Restrepo. (2005). Métodos de investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, Vol 14 no. 1, 117-124.
- Pozo, J. y Gómez creso, M. (2009). *Aprender y enseñar ciencia*. Sexta Edición. Madrid: Morata.
- Pozo, Juan. Gómez creso, Miguel. Limon, M. Sanz serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: ideas de los*

*adolescentes sobre la química*. Madrid: Centro de publicaciones del ministerio de educación y ciencia.

- Sanz. A, Pozo. J, Pérez. M, Gómez creso. M. (1996). El razonamiento proporcional en expertos y novatos: el efecto del contenido. *Revista de psicología general y aplicada*, 49(2). 337-352.
- Strauss, E. y Corbin, J. (2002). *Bases de la investigación cualitativa. Técnicas y procedimientos para desarrollar la teoría fundamentada*. Traducida por Eva Zimmerman de Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Shayer, M. (1999). Cognitive Acceleration through science education II: its effect and scope. *International Journal of Science Education*. 21(8): 883-902
- Teijón, María. y García Pérez, José. (1996). *Química: Teoría y problemas*. Tebar.
- Uribe, Carlos Julio. (2003). *PENSAR CON LA CIENCIA*. Santiago de Cali: Universidad del valle.

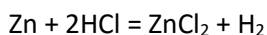
## ANEXOS

### Pretest

INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUSTAQUIO PALACIOS

NOMBRE: \_\_\_\_\_ GRADO: \_\_\_\_\_

CONTESTE LA PREGUNTA 1 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

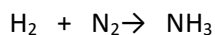


| Masa molecular    |     |
|-------------------|-----|
| Zn                | 65  |
| HCl               | 36  |
| ZnCl <sub>2</sub> | 135 |
| H <sub>2</sub>    | 2   |

1. Es válido afirmar que la ecuación anterior, cumple con la ley de la conservación de la masa, porque:
  - a. El número de átomos de cada tipo en los productos es mayor que el número de átomos de cada clase en los reactivos.
  - b. La masa de los productos es mayor que la masa de los reactivos.
  - c. El número de átomos de cada tipo en los reactivos es igual al número de átomos del mismo tipo en los productos.
  - d. El número de sustancias que reaccionan es igual al número de sustancias obtenidas.
2. De acuerdo con la fórmula química del sulfato de aluminio  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , es válido afirmar que éste
  - a.. tiene dos moléculas de Al
  - b.. está compuesto por tres clases de moléculas
  - c.. tiene cuatro átomos de O
  - d.. está compuesto por tres clases de átomos.

LAS PREGUNTAS 3, 4 Y 5 SE CONTESTAN DE ACUERDO AL SIGUIENTE TEXTO.

En el laboratorio de química se tiene el propósito deliberado, de sintetizar amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), a partir de las siguientes sustancias: hidrógeno y nitrógeno. Así pues, el químico antes de realizar la síntesis, realiza la siguiente representación simbólica del proceso:



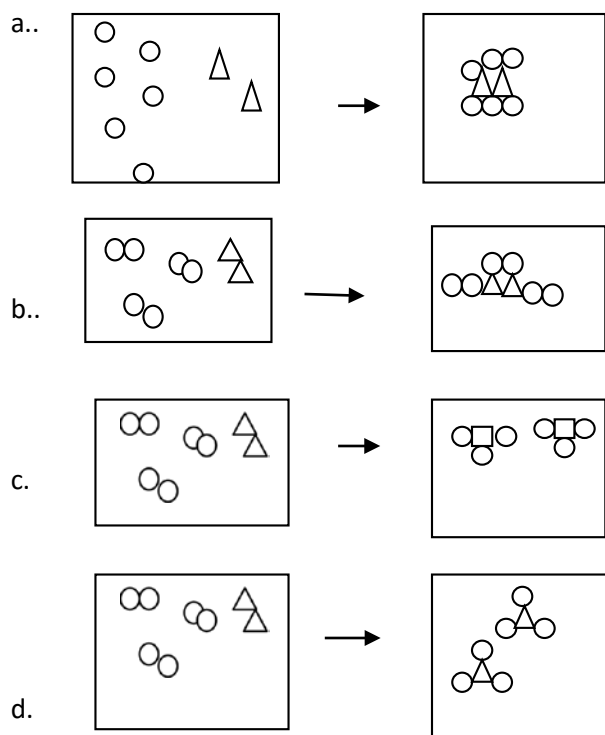
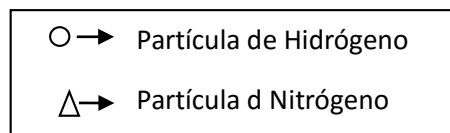
3. Es válido afirmar, que para que la representación simbólica, cumpla con la conservación del número de partículas, debería de contener los siguientes coeficientes respectivamente:

- a.. 3: 2: 2
- b.. 3: 1 : 2
- c.. 3: 2: 1
- d.. 2: 2: 3

4. Ahora, si el químico desea producir 600 millones de moléculas de  $\text{NH}_3$ . Es válido declarar, que debería poner a interaccionar:

- a.. 900 millones de moléculas de  $\text{H}_2$  con 300 millones moléculas de  $\text{N}_2$ .
- b.. 900 millones de átomos de  $\text{H}_2$  con 100 millones de átomos  $\text{N}_2$ .
- c.. 300 millones de moléculas de  $\text{H}_2$  con 100 millones moléculas de  $\text{N}_2$ .
- d. 300 millones de átomos de  $\text{H}_2$  con 100 millones átomos de  $\text{N}_2$ .

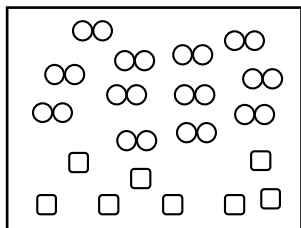
5. El siguiente es el modelo representacional a nivel submicroscópico, del proceso de la producción del amoníaco más adecuado:



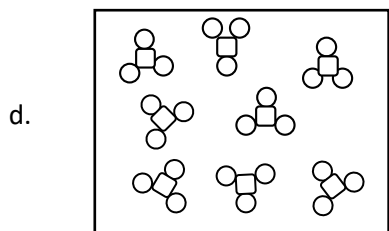
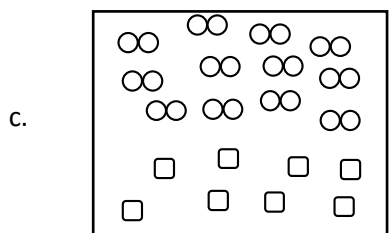
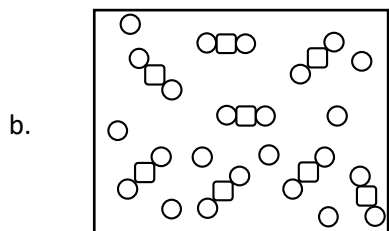
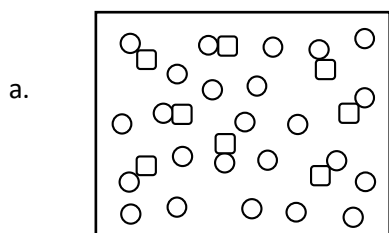
LAS PREGUNTAS 6 Y 7 SE RESPONDEN A PARTIR DEL SIGUIENTE CONTEXTO.

6. En una reacción química interaccionan los siguientes elementos: elemento  $X_2$  cuya partícula unitaria es la molécula ( $\bigcirc\bigcirc$ ); y el elemento Y donde su partícula unitaria es el átomo ( $\square$ ). Ahora, las dos sustancias fueron introducidas en un vaso de precipitado, después de un tiempo todas las partículas reaccionaron químicamente generando una nueva sustancia.

Estado inicial de la reacción:



¿Cuál de los siguientes gráficos representa mejor lo sucedido?



7. De acuerdo al anterior texto y gráfico, podemos afirmar que la fórmula química de la sustancia producida es:

- a.  $X_{24}Y_8$
- b.  $X_2Y$
- c.  $X_3Y$
- d.  $XY$

8. A partir del texto y gráfico anterior podemos inferir, que una posible ecuación química de este proceso podría ser:

- a.  $6 X_2 + 6 Y \rightarrow X_2Y$
- b.  $3X_2 + 2Y \rightarrow 2 X_3Y$
- c.  $X_2 + Y \rightarrow X + Y$
- d.  $X_2 + Y_2 \rightarrow X_2Y$

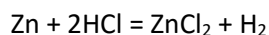
9. Dada la ecuación anterior, si en un laboratorio se tiene 16 átomos de Y, qué cantidad de molécula  $X_2$  serían necesarias para reaccionar con estos.

- a. 12 moléculas.
- b. 12 átomos
- c. 24 moléculas
- d. 6 moléculas

**Postest**  
**INSTITUCIÓN EDUCATIVA EUSTAQUIO PALACIOS**

NOMBRE: \_\_\_\_\_ GRADO: \_\_\_\_\_

CONTESTE LA PREGUNTA 1 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE ECUACIÓN:



| Masa molecular    |     |
|-------------------|-----|
| Zn                | 65  |
| HCl               | 36  |
| ZnCl <sub>2</sub> | 135 |
| H <sub>2</sub>    | 2   |

1. Es válido afirmar que la ecuación anterior, cumple con la ley de la conservación de la masa, porque:

A. El número de átomos de cada tipo en los productos es mayor que el número de átomos de cada clase en los reactivos.

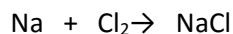
B. La masa de los productos es mayor que la masa de los reactivos.

C. El número de átomos de cada tipo en los reactivos es igual al número de átomos del mismo tipo en los productos.

D. El número de sustancias que reaccionan es igual al número de sustancias obtenidas.

**LAS PREGUNTAS 2, 3 y 4 SE CONTESTAN DE ACUERDO AL SIGUIENTE TEXTO.**

En el laboratorio de química se tiene el propósito deliberado, de sintetizar Cloruro de sodio (NaCl), a partir de las siguientes sustancias: Cloro y Sodio. Así pues, el químico antes de realizar la síntesis, realiza la siguiente representación simbólica del proceso:



2. Es válido afirmar, que para que la representación simbólica de la reacción, cumpla con la conservación del número de partículas (átomos), debería de contener los siguientes coeficientes estequiométricos respectivamente:

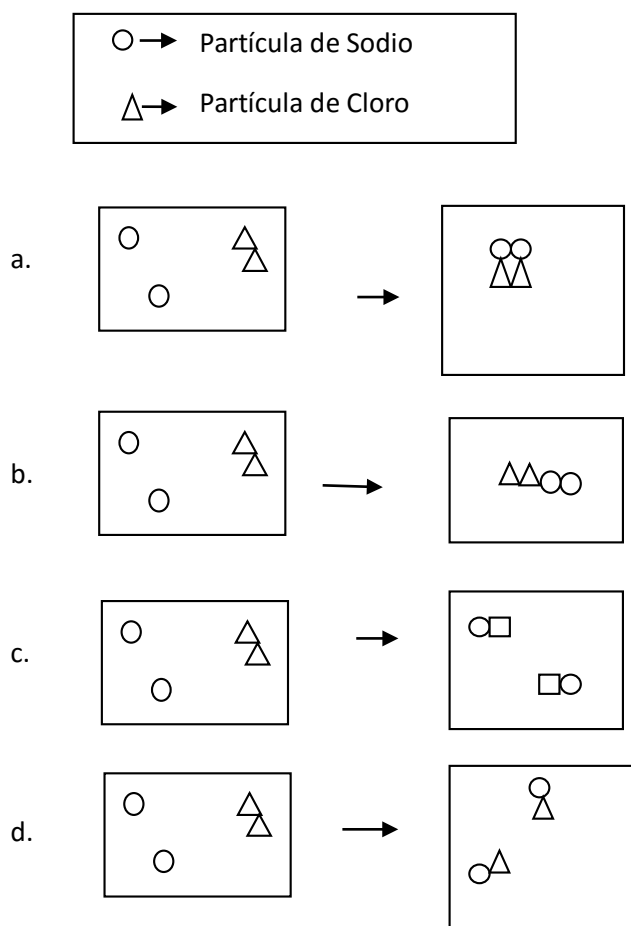
A. 3: 2: 2

B. 3: 1: 2

C. 3: 2: 1

D. 2: 1: 2

3. ¿Cuál es el modelo representacional a nivel submicroscópico del proceso de la producción del cloruro de sodio (NaCl) más adecuado:



4. Ahora, si el químico desea producir 800 millones de moléculas de NaCl. Es válido declarar que debería poner a interaccionar:

a. 800 millones de moléculas de Na con 400 millones de átomos de  $\text{Cl}_2$ .

b. 800 millones de átomos de Na con 400 millones de moléculas de  $\text{Cl}_2$ .

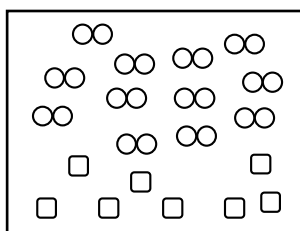
c. 400 millones de moléculas de Na con 200 millones de átomos de  $\text{Cl}_2$ .

d. 400 millones de átomos de Na con 200 millones de moléculas de  $\text{Cl}_2$ .

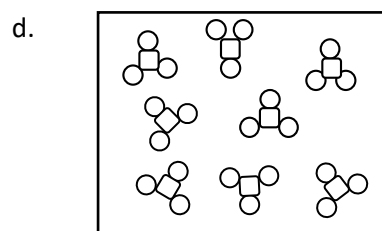
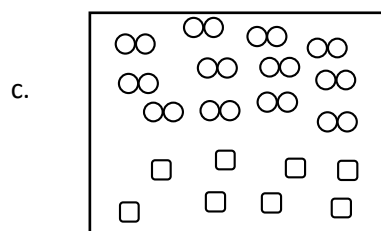
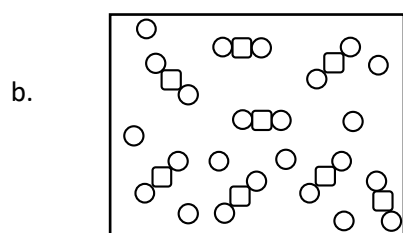
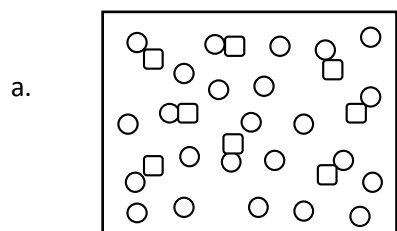
**LAS PREGUNTAS 5, 6, y 7 SE RESPONDEN A PARTIR DEL SIGUIENTE CONTEXTO.**

5. En una reacción química interaccionan los siguientes elementos: elemento  $\text{X}_2$  cuya partícula unitaria es la molécula ( $\bigcirc\bigcirc$ ); y el elemento  $\text{Y}$ , donde su partícula unitaria es el átomo ( $\square$ ). Ahora, las dos sustancias fueron introducidas en un vaso de precipitado, después de un tiempo todas las partículas reaccionaron químicamente generando una nueva sustancia.

Estado inicial de la reacción:



¿Cuál de los siguientes gráficos representa mejor lo sucedido?



6. De acuerdo al anterior texto y gráfico, la fórmula química de la **molécula** obtenida durante la reacción es:

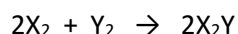
- a.  $X_{24}Y_8$
- b.  $X_2Y$
- c.  $X_3Y$
- d.  $XY$

7. Tomando en cuenta el texto, gráfico y las anteriores preguntas, podemos inferir que una posible ecuación química que represente toda la reacción sucedida sería:

- a.  $6 X_2 + 6 Y \rightarrow X_2Y$
- b.  $3X_2 + 2Y \rightarrow 2 X_3Y$
- c.  $X_2 + Y \rightarrow X + Y$
- d.  $X_2 + Y_2 \rightarrow X_2$

**RESPONDA LAS SIGUIENTES PREGUNTAS (8 Y 9) TENIENDO EN CUENTA LA SIGUIENTE REACCIÓN QUÍMICA:**

Reacción:



8. En base a la ecuación anteriormente mencionada, si se utilizan 10 moléculas de  $X_2$  y 8 moléculas de  $Y_2$ , ¿cuál de los dos reactivos está en exceso y cuánta cantidad del mismo queda sin reaccionar?

- a.  $X_2$  y 2 moléculas
- b.  $Y_2$  y 3 moléculas
- c.  $X_2$  y 5 moléculas
- d.  $Y_2$  y 4 moléculas

9. Si se utilizan 8 moléculas de  $X_2$  y 3 moléculas de  $Y_2$ , ¿cuál de los dos reactivos está en exceso y cuánta cantidad del mismo queda sin reaccionar?

- a.  $X_2$  y 2 moléculas.
- b.  $Y_2$  y 1 molécula.
- c.  $X_2$  y 4 moléculas.
- d. Se consume todo.