



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

**Facultad de Educación**

**Construcción de conocimiento a partir de la perspectiva de Stephen Toulmin: un análisis de las dinámicas argumentativas en algunos maestros de Química del municipio de Cauca**

**Trabajo presentado para optar al título de maestría en educación**

**Katia Danid Arcia Reyes**

**Wil Fernando Contreras Royet**

**Asesor(a)**

**Cristina Restrepo Olaya**

**Departamento de Educación Avanzada**

**Facultad de Educación**

**Universidad de Antioquia**

**Seccional Bajo Cauca**

**2016**

**Construcción de conocimiento a partir de la perspectiva de Stephen  
Toulmin: un análisis de las dinámicas argumentativas en algunos  
maestros de Química del municipio de Cauca**

**Katia Danid Arcia Reyes  
Wil Fernando Contreras Royet**

**Línea de Educación en Ciencias Naturales**

**Asesora  
Cristina Restrepo Olaya  
Departamento de Educación Avanzada  
Facultad de Educación  
Universidad de Antioquia  
Seccional Bajo Cauca  
2016**

### ***Agradecemos***

*A Dios, por habernos dado sabiduría, entendimiento y acompañarnos durante todo el proceso*

*A nuestras familias por su amor, su comprensión, su apoyo incondicional y permanente.*

*A las personas e instituciones que hicieron posible la realización de esta Tesis:*

*A la magister Cristina Restrepo Olaya, quien con su afecto y confianza nos motivó a salir adelante e hizo que sus enseñanzas y orientaciones fueran significativas para nuestro trabajo.*

*Al magister James Arango por sus valiosos aportes.*

*A la Universidad de Antioquia, la Facultad de Educación y a la sede Bajo Cauca, que con sus orientaciones nos permitieron construir esta investigación.*

*A la Gobernación de Antioquia y su programa de becas por la financiación.*

*A los maestros de la Red de Ciencias Naturales del municipio de Caucasia, quienes con su disposición participaron de todas las actividades realizadas y nos brindaron valiosos aportes para nuestra investigación.*

*A nuestra Institución Marco Fidel Suárez y su rector Alfonso Enrique Montes por brindarnos los espacios necesarios.*

*A nuestras familias y amigos que nos acompañaron y comprendieron nuestras ausencias durante este tiempo.*

## Resumen

La presente investigación tiene como centro un análisis de las dinámicas argumentativas en algunos maestros de Química en la construcción de conocimiento, cuando resuelven y explican situaciones relacionadas con la estequiometría. Se soporta en el enfoque epistemológico de Stephen Toulmin, perspectiva que aboga por una formación en ciencias desde el humanismo, la crítica, el diálogo y la flexibilidad en el conocimiento.

El primer apartado se refiere a la construcción de conocimiento científico, lo que implica entender las ciencias como un proceso discursivo de interacción de teorías donde se comparten culturas en permanente transformación. Desde esta perspectiva, juega un papel importante la argumentación como proceso de externalización de razonamientos sustantivos en la construcción del conocimiento científico, entendida como una actividad social en un contexto determinado. El segundo apartado se detiene en el carácter representacional y simbólico de la química, desde los niveles macroscópico, simbólico y lo microscópico, estos últimos vistos como pasos para mejorar la comprensión de los procesos químicos; y, el tercero, alude a las características epistémicas en la construcción del conocimiento en las dinámicas argumentativas de los maestros.

De igual manera, este estudio está orientado a partir del paradigma cualitativo interpretativo, por cuanto favorece la comprensión de los significados y las características de los argumentos del otro. Para tal fin, se aborda un estudio de caso descriptivo, de tipo instrumental, el cual posibilita indagar a profundidad, las características epistémicas y el carácter representacional de los argumentos en un grupo de maestros de Química para describir las subjetividades y significaciones, tanto individuales como colectivas en la dinámica, como ya fue anunciado, de la construcción del conocimiento. Así, teniendo en cuenta las particularidades y complejidades del caso, se resaltan los distintos factores que inciden en el contexto de la enseñanza.

El foco del análisis está relacionado con las representaciones escritas, orales o icónicas y las características epistémicas de los argumentos, atinentes al contenido. En relación con lo dicho, se elige la técnica de análisis de contenido, con el fin de estudiar la

información producida en las unidades de registro surgidas de un taller en las que tuvieron lugar varias actividades basadas en el proceso de argumentación.

**Palabras claves:** dinámicas argumentativas, argumentación, representaciones, características epistémicas, estequiometría, representaciones macroscópicas, microscópicas y simbólicas, lenguaje químico.

## Contenido

	Pág.
1. Sobre la problemática y la justificación de nuestra investigación.....	8
2. Objetivos.....	11
2.1 Objetivo general.....	11
2.2 Objetivos específicos.....	11
3. <b>CONSIDERACIONES TEÓRICAS QUE ORIENTAN LA INVESTIGACIÓN</b>	
3.1 <b>Dinámicas argumentativas de algunos maestros</b>	
de Química.....	12
3.1.1 Acerca de las perspectivas epistemológicas de las ciencias.....	12
3.1.2 <b>Construcción del conocimiento científico según</b>	
Stephen Toulmin.....	14
3.1.3 <b>Carácter representacional y simbólico de las ciencias</b>	
desde la perspectiva de Toulmin.....	16
3.1.4 <b>Algo más de las representaciones, la vida en el laboratorio:</b>	
la construcción de los hechos científicos.....	17
3.2 <b>. La argumentación como estrategia pedagógica para</b>	
la enseñanza de las ciencias.....	19
3.2.1 <b>Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la química</b>	
y la estequiometría.....	21
4. <b>METODOLOGÍA/MÉTODOS.....</b>	<b>25</b>
4.1 <b>Acerca de la caracterización de la investigación.....</b>	<b>25</b>
4.2 <b>Caso y contexto.....</b>	<b>25</b>
4.3 <b>Diseño metodológico.....</b>	<b>26</b>
4.4 <b>Sistematización de la información.....</b>	<b>29</b>
4.4.1 <b>Criterios de análisis.....</b>	<b>29</b>
4.5 <b>Algunas consideraciones sobre las categorías de análisis.....</b>	<b>30</b>
4.5.1 <b>Dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento.....</b>	<b>31</b>
4.5.1.1 <b>Carácter representacional en los argumentos de los maestros...</b>	<b>32</b>

4.5.1.2	Características epistémicas.....	34
5.	<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS.....</b>	<b>37</b>
5.1	<b>Carácter Representacional.....</b>	<b>38</b>
5.1.1	Proceso representacional macroscópico.....	38
5.1.2	Proceso representacional simbólico.....	45
5.2	<b>Características Epistémicas.....</b>	<b>65</b>
5.2.1	Relacionar / Conectar predicciones o datos del problema con datos no citados o mencionados en la documentación.....	65
5.2.2	Identificar / describir características del fenómeno referidas a datos cualitativos o cuantitativos. ....	68
5.2.3	La utilización de datos para apoyar ideas y dar sentido al fenómeno que se estudia.....	72
5.2.4	Aspectos del lenguaje de las ciencias para comunicar ideas, la cual hace referencia al uso adecuado del lenguaje científico por parte de los maestros.....	74
5.2.5	Los Aspectos relacionados con el respeto de lo que cada uno tenía que decir.....	76
5.2.6	Los aspectos relacionados con pertinencia, coherencia y sistematicidad de cada explicación con respecto al fenómeno en estudio. ....	77
5.2.7	Los aspectos que modifican la afirmación o explicación cuando se presentan inconsistencia o información inadecuada.....	81
5.2.8	Los Aspectos relacionados con negociar significados, compartir ideas o criticar.....	85
6.	<b>Algunas consideraciones sobre taller implementado .....</b>	<b>87</b>
7.	<b>Conclusiones.....</b>	<b>87</b>
8.	<b>Referencias bibliográficas.....</b>	<b>94</b>
9.	<b>Anexos.....</b>	<b>96</b>

## Lista de figuras

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Diseño metodológico para la recolección de información .....	26
<b>Figura 2.</b> Categoría de análisis.....	31
<b>Figura 3.</b> Representación macroscópica del maestro F, sobre la combustión de la gasolina.....	41
<b>Figura 4.</b> Representación simbólica del maestro F sobre la combustión de la gasolina....	42
<b>Figura 5.</b> Representaciones macroscópicas del maestro F sobre las soluciones de HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	43
<b>Figura 6.</b> Representaciones analógicas del maestro F sobre las soluciones de HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	44
<b>Figura 7.</b> Representación del maestro A, sobre la combustión de la gasolina.....	46
<b>Figura 8.</b> Representación del maestro E, sobre la combustión de la gasolina.....	48
<b>Figura 9.</b> Representación del maestro E sobre los contaminantes que produce la combustión de la gasolina,.....	50
<b>Figura 10.</b> Representaciones del maestro C sobre las soluciones de HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	51
<b>Figura 11.</b> Representación gráfica de la oxidación del metanol y la neutralización del ácido metanoico.....	53
<b>Figura 12.</b> Representación del maestro C sobre los contaminantes que produce la combustión de la gasolina.....	55
<b>Figura 13.</b> Representación microscópica del Maestro E sobre las soluciones de HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	56
<b>Figura 14.</b> Representación microscópica y simbólica tomada del libro hipertextos santillana química 1.....	57
<b>Figura 15.</b> Representación simbólica del maestro C sobre las soluciones de HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	58
<b>Figura 16.</b> Representación microscópica del maestro E sobre la reacción química entre HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	59
<b>Figura 17.</b> Representación microscópica del maestro D sobre la reacción química entre HCl y AgNO <sub>3</sub> .....	60
<b>Figura 18.</b> Representación del Maestro F sobre la reacción química de la oxidación del Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH).....	83
<b>Figura 19.</b> Representación del Maestro C sobre la reacción química de la oxidación del Etanol (C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH).....	84

## **Construcción de conocimiento a partir de la perspectiva de Toulmin: un análisis de las dinámicas argumentativas en algunos maestros de Química del municipio de Caucasia**

### **1. Sobre la problemática y la justificación de nuestra investigación**

La educación en ciencias ha estado marcada por prácticas dogmáticas, las cuales asumen como fuente para acceder al conocimiento, la observación objetiva y la experimentación, encaminadas a descubrir los principios y leyes que rigen la naturaleza —como las inferencias de tipo inductivo-deductivo que explican los fenómenos—.

En este sentido, en la educación en ciencias se asume que el único poseedor de la «verdad» es el maestro, quien transmite un cúmulo de conocimientos incuestionables e irrefutables que lo ponen en un lugar de poder y como único sujeto activo en los procesos de enseñanza y aprendizaje; y al estudiante, como un receptor o sujeto pasivo.

En contrapartida, y desde una perspectiva sociocultural, se debe apostar por una relación horizontal entre maestros y estudiantes, mediante una interacción que conlleve a la reflexión, al análisis, la crítica y el debate sobre las ciencias, con el fin de que expresen y argumenten sus propias ideas en forma adecuada y, en lo posible, que en sus argumentos hagan uso de los modelos explicativos de las disciplinas científicas (Henaó y Stipcich, 2008).

Puesto en estos términos, es necesario considerar las perspectivas epistemológicas que implementa el maestro en el aula respecto al conocimiento que enseña, el fin con el que lo enseña y el cómo lo enseña; es decir, si se interroga: a) el/los contenido(s), que dan respuesta a la pregunta por el qué (lo conceptual); b) las estrategias que emplea, que apuntan al cómo (lo procedimental), y, c) el contexto de aplicación, que se propone responder al para qué (lo axiológico). Lo anterior, con el propósito de construir conocimiento en forma significativa.

En consonancia con lo anterior, consideramos esencial transformar nuestras prácticas de enseñanza en la clase de química, en beneficio de una mejor comprensión y aplicación

de los conceptos en contexto, por cuanto evidenciamos algunas dificultades que hacen referencia a esta disciplina cuando se aborda como un conjunto de definiciones, palabras, teorías y leyes abstractas que no expresan relación con los fenómenos de la naturaleza.

Cabe resaltar que esta necesidad de cambio ha sido impulsada, desde las discusiones que se adelantan en el grupo de maestros de química, pertenecientes a la Red de Ciencias Naturales del municipio de Cauca, y, en el caso propio, como maestros de la Educación Media en esta área.

Otra razón alusiva a las dificultades mencionadas es aquella referida a la enseñanza de los conceptos de la química, en la cual se emplea un lenguaje altamente simbólico, formal, con representaciones de aspectos observables y no observables, así como la aplicación de modelos teóricos sobre las propiedades y cambios de la materia, pero sin comprender todo este entramado a profundidad. Además, se enseña desde una visión centrada en hechos y en las propiedades que se aprecian de forma directa en las sustancias y, por ende, las explicaciones hacen referencia al nivel macroscópico y a métodos cuantitativos que derivan en ejercicios de lápiz y papel, los cuales se resuelven por entrenamiento y experiencia previa (Perren, Bottani y Odetti, 2004).

Siguiendo a Pozo y Gómez (2000), un obstáculo para comprender la química está asociada con saber relacionar el contenido disciplinar y sus tres ejes articuladores — imprescindibles para su interpretación—: la interacción, la conservación y la cuantificación de la materia. Por tal motivo, elegimos la *estequiometría* como contenido disciplinar para nuestro estudio, ya que como lo expresamos antes, hemos notado una serie de dificultades en su comprensión, referidas a los ejes articuladores a los que hacen alusión los autores. En otras palabras, se puede lograr una mejor comprensión de la estequiometría, si se trabaja con estrategias que fomenten actitudes críticas, reflexivas y flexibles frente a esta disciplina científica, de manera que favorezca entre los maestros y los estudiantes compartir significados, explicaciones, intercambiar ideas, debatir y refutar sobre las mismas.

En razón de lo dicho, optamos por una educación en la cual los procesos de enseñanza de las ciencias estén menos relacionados con estructuras rígidas, formales, y se preste más atención a modelos explicativos que respondan a nuevas situaciones, respeten

puntos de vista, admitan consensos y disensos, y exalte el lenguaje como instrumento mediador en la construcción de conocimiento.

Son estas razones por las cuales en este trabajo de investigación se allegan a la educación en ciencias aportes de Stephen Toulmin (1977, 2003a), tal como lo expresan Henao y Stipcich (2008), en virtud a que a esta perspectiva le concierne el reconocimiento del carácter representacional, simbólico y cultural de las ciencias, y se diferencia de planteamientos científicistas y empiristas tradicionales.

Con respecto a las representaciones utilizadas para construir el conocimiento, es relevante pensar en modelos teóricos con mayor capacidad explicativa que sirvan para ejemplificar y dar a conocer los procesos químicos en un contexto determinado y, así, poder diferenciarlos de los modelos teóricos abstractos y matemáticos, propuestos por los científicos, que posiblemente hacen de la química una disciplina incomprensible e ininteligible.

Cabe indicar que esta propuesta se torna valiosa en la medida en que aporta elementos teóricos y didácticos a la enseñanza de la química, al incentivar el desarrollo del pensamiento crítico en los maestros, y posiblemente una influencia relevante en los estudiantes, así como promover la flexibilidad intelectual, la creatividad y una mayor comprensión de los conceptos científicos. Adicionalmente, se trata de mejorar las prácticas pedagógicas en el aula, buscando con ello construir una concepción de la ciencia, no como conocimiento acabado, sino como una actividad sociocultural en constante devenir (Toulmin, 1977).

Haciendo acopio de las ideas expuestas, la pregunta que orienta esta investigación es la siguiente: *¿Cuáles son las dinámicas argumentativas utilizadas por algunos maestros de química del municipio de Caucasia en la construcción de conocimiento cuando resuelven y explican situaciones relacionadas con la estequiometría?*

## **2. Objetivos**

### **2.1 General**

Analizar las dinámicas argumentativas de algunos maestros de química del municipio de Cauca, en la construcción de conocimiento cuando resuelven y explican situaciones relacionadas con la estequiometría.

### **2.2 Específicos**

- Identificar los procesos representacionales en las dinámicas de producción de los argumentos en los maestros participantes.
- Reconocer las características epistémicas de las dinámicas de construcción de conocimiento en los argumentos de los maestros participantes.

### **3. Consideraciones teóricas que orientan la investigación**

#### **3.1 Dinámicas argumentativas de algunos maestros de Química**

##### **3.1.1 Acerca de las perspectivas epistemológicas de las ciencias**

A través del tiempo, la ciencia ha tenido como propósito la comprensión, el análisis de los fenómenos y la interpretación del mundo. Es en esa búsqueda que surgen diferentes perspectivas en el contexto de la enseñanza de las ciencias, todas con un modo particular de concebir las ciencias, las cuales van desde posturas dogmáticas y científicistas, hasta las perspectivas basadas en la construcción de un conocimiento con un alto contenido sociocultural.

Dentro de las perspectivas dogmáticas y científicistas está el empirismo clásico; este considera que para acceder al conocimiento son necesarias la observación sistemática y la experimentación, con el propósito de descubrir los principios que gobiernan la naturaleza. En esta forma de concebir la ciencia, la observación y la experimentación se convierten en fuentes confiables (Amador y Adúriz, 2011).

No alejado de este pensamiento empírico aparece el racionalismo, el cual señala que el conocimiento es un producto de la mente humana que se forma a partir de la razón y la lógica, en virtud de que estas son la fuente del conocimiento válido y el lugar donde se interpretan los hechos que acontecen en la naturaleza (Amador y Adúriz, 2011).

Cabe considerar, que la enseñanza de las ciencias asume un carácter magisterial y expositiva, que no permite reflexionar de forma crítica la construcción del conocimiento científico. El maestro se convierte en un transmisor y es dueño de la verdad, mientras que el estudiante es considerado como un ente que acumula conocimiento, por lo tanto tienen lugar una enseñanza tradicional y dogmática en solo un sentido maestro-estudiante.

En relación con lo anterior, es necesario tener en cuenta otras perspectivas que descentralicen el conocimiento y permitan comprender sus procesos de construcción desde una mirada crítica, reflexiva y sociocultural. En tanto es necesario, reflexionar acerca de una nueva dinámica de construcción del conocimiento, a partir de procesos dialógicos de interacción social, mediados por la representación y el lenguaje, los cuales se utilizan para dar explicaciones científicas a los fenómenos del mundo que nos rodea a la par que favorece la formación de estudiantes críticos y reflexivos.

Desde esta óptica, se asume que las ciencias son culturas en permanente transformación, lo que entraña compartir significados por una comunidad de científicos de diferentes disciplinas, a través de un diálogo crítico, consensuado que destaca los aspectos sociales y humanos bajo los que se construyen las explicaciones de los conceptos, en una época socialmente determinada, y no como verdades absolutas (Toulmin, 1977 citado por Henao y Stipcich, 2008).

De este modo, es importante resaltar los aportes de Henao y Stipcich (2008) sobre los procesos epistémicos necesarios en la construcción del conocimiento científico, lo que implica discutir, razonar, argumentar, criticar y justificar ideas y explicaciones; es decir, los cuales le confieren un papel importante al lenguaje en la construcción de explicaciones científicas y del conocimiento en general, de modo que la argumentación se convierte en un proceso fundamental de orden epistemológico y sociológico, permanente en toda la dinámica para construir *la realidad*.

Apartándose de posturas científicistas, Toulmin, (citado en Chamizo, 2007), señala, a pesar que nuestros pensamientos son de índole individual y personal, nuestra herencia lingüística y conceptual, por medio del cual las personas se expresan, es propiedad pública, y es heredada mediante un proceso de enculturación que debe ser transmitido entre las generaciones, a los científicos de las diferentes disciplinas, fomentando así una capacidad crítica y razonable en las personas.

En lo que sigue, planteamos algunas precisiones relacionadas con la postura epistemológica de Stephen Toulmin sobre las dinámicas de construcción del conocimiento científico.

### **3.1.2 La construcción del conocimiento científico según Stephen Toulmin**

Las dinámicas de construcción del conocimiento están relacionadas con procesos de interacción y transformación de teorías, orientadas bajo una serie de estrategias, tales como: la generación de preguntas y problemas, la invención y discusión de explicaciones, el establecimiento de herramientas conceptuales, la utilización de elementos tecnológicos, entre otros (Henaó y Stipcich, 2008).

Estas dinámicas consienten la apropiación de los conocimientos científicos compartiendo significados, experiencias y valores, además de forjar actitudes críticas, reflexivas y propositivas que ayudan a la construcción de un conocimiento significativo que puede ser cuestionado, por tanto, variable en el tiempo. En coherencia, es este mismo dinamismo que caracteriza a las ciencias, lo que le otorga el carácter evolutivo, esto es, de continuo cambio, en donde los procesos son sometidos a variaciones y perpetuaciones selectivas, de modo que pueden trascender de una generación a otra, llevando consigo innovaciones y un legado cultural (Toulmin, 1977).

En relación con lo planteado, estos procesos implican entender la racionalidad ligada a la flexibilidad intelectual o disponibilidad al cambio, en razón a que esta admite presentar ideas y criticarlas, defenderlas o someterlas a refutación y, de esta forma, aprender ciencias y apropiarse del legado cultural e histórico; así como compartir significados y al mismo tiempo, tener la capacidad de seleccionar teorías con mayor poder explicativo que conlleven a tomar posturas críticas (Henaó y Stipcich, 2008). Ahora bien, hay que considerar la construcción del conocimiento científico como un proceso discursivo en donde se debaten teorías, se comparten culturas en permanente transformación para llegar a consensos y disensos.

Su carácter evolutivo y sociocultural significa entender la flexibilidad intelectual como el mecanismo para tener en cuenta la crítica, respetando los diferentes puntos de vista, todo ello en la búsqueda permanente de explicaciones más acertadas y pertinentes. Desde esta perspectiva, juega un papel importante la argumentación como proceso de externalización de razonamientos sustantivos, ya que se constituye en la expresión de una racionalidad local y contingente que permite dichos cambios (Toulmin, 2003a).

En la perspectiva toulminiana es necesario tener en cuenta dos conceptos fundamentales que determinan la construcción del conocimiento. El primero hace alusión a la racionalidad, entendida como aquellas rígidas estructuras formales centradas en conceptos abstractos, axiomas, leyes universales, tautologías de la lógica formal -lógica-matemática- que tienen como fin último la búsqueda de certezas absolutas de tipo empírico-racional. El segundo, se refiere a la racionabilidad constituida por las buenas razones, no asépticas, que nos caracterizan como seres humanos —sensibles, circunstanciales, contextuales, situacionales— que posibilitan la aceptación de explicaciones, procedimientos, valores, incertidumbres, pluralismo, ambigüedades, sin que ello implique carecer de previsión y rigor (Henaó, Stipcich y Moreira, 2010).

De acuerdo con Toulmin (2003a), el balance entre estas dos formas de conocer y saber acerca de la construcción de conocimiento científico —la *racionabilidad* y la *racionalidad*— es lo que permite aproximarse a una flexibilidad intelectual para comprender la complejidad de los conceptos de las ciencias, teniendo presente que estos procesos están mediados por el lenguaje.

De las reflexiones anteriores, consideramos que el pensamiento de Toulmin presenta un gran potencial pedagógico para la enseñanza de las ciencias, ya que permite desarrollar habilidades y destrezas para criticar, discutir y compartir explicaciones de los fenómenos estudiados, además de intercambiar el legado de las culturas científicas.

Según Toulmin (citado en Chamizo, 2007), uno de los objetivos principales de las ciencias es explicar el mundo y establecer procedimientos para facilitar la comprensión de los procesos mediante los cuales los conceptos científicos se transmiten de una generación a la siguiente a través de la *enculturación*. Esto supone un aprendizaje de ciertas

habilidades explicativas, de algunas técnicas; también requiere de procedimientos y métodos de representación que se emplean para dar explicaciones de sucesos y fenómenos dentro del ámbito de una disciplina científica.

### **3.1.3. Carácter representacional y simbólico de las ciencias desde el enfoque de Stephen Toulmin.**

Los conceptos y el lenguaje utilizado en las ciencias tienen cierto nivel de abstracción y de complejidad, mediados por interpretaciones simbólicas de las que los maestros intentamos hacer: representaciones, esquemas, analogías, experiencias de laboratorio, además de dar definiciones, reglas, leyes y teorías para la comprensión de los fenómenos. Aún así, estas acciones generan bases conceptuales erróneas o fuerzan aprendizajes memorísticos, fragmentados, e incluso sin sentido (Galagovsky, Rodríguez, Stamati, y Morales, 2003). Por consiguiente, es necesario determinar la eficacia y el poder explicativo de las técnicas de representación antes mencionadas, así como reflexionar acerca del contexto de aplicación, pues, como plantea Toulmin (1977), los conceptos se caracterizan por la interacción histórico-social específica, es decir, por un contexto determinado en el que cada uno de nosotros es dueño de sus pensamientos, de lo que, creemos, somos responsables como individuos, pero, los conceptos los compartimos con los demás, así como el lenguaje en que se articulan nuestras creencias es propiedad pública.

En relación con lo anterior, Toulmin (citado por Henao *et al.*, 2010), reconoce la complejidad de los conceptos científicos, prioriza su carácter representacional y cultural, y menciona la necesidad de distinguir en ellos tres aspectos: a) el lenguaje, referido a los términos relacionados con conceptos y con leyes o principios; b) las técnicas de representación o formalismos matemáticos, gráficas o diagramas, árboles taxonómicos y clasificaciones, elaboración de programas de computador, entre otros; y c) los procedimientos de aplicación de la ciencia, relacionados con la necesidad de disponer de ocasiones empíricas o modos de aplicación para dar uso explicativo a los elementos anteriores.

En el primer aspecto, Toulmin (1977) reconoce que cada teoría tiene su lenguaje propio y cuando se acoge una nueva teoría, se adopta también un nuevo lenguaje, más allá de que algunas palabras en ambas sean las mismas. En cuanto al segundo aspecto, considera que le compete a los científicos construir mejores representaciones, nomenclaturas y procedimientos explicativos, con el fin de dar cuenta de las características importantes de la naturaleza y discernir en qué condiciones y con qué grado de pertinencia, la representación resultante puede servir como una explicación de la naturaleza del mundo tal como lo encontramos. En lo que se refiere al tercer aspecto, debe haber un reconocimiento de situaciones en las que son apropiadas las actividades simbólicas. Por ello, los conceptos, como expresa Chamizo (2007), solo tienen un uso genuinamente explicativo cuando se aplican en el mundo. Por tanto, consideramos que dichas situaciones deben demandar interrogantes y promover la aplicación de los conceptos, en el contexto cotidiano de los estudiantes, para motivar la construcción de explicaciones acordes a las representaciones que devienen del conocimiento científico.

De lo anterior, interpretamos que las representaciones son constructos mentales que cada persona construye como medio, estrategia o procedimiento para explicar el fenómeno aplicable a una variedad de hechos o a la adopción de un nuevo modelo para comprender qué son y cómo son (Henaó, *et al.*, 2010), es decir, en las dinámicas de producción de conocimiento no depende de la naturaleza, sino de las representaciones construidas en los argumentos de las personas donde se construyen la forma de ver el mundo.

En atención a lo expuesto, se puede decir que las representaciones son todas aquellas ideas, conceptos, leyes y teorías que están en la mente de una persona y que se externalizan a través de los diferentes lenguajes de las ciencias, las cuales se enriquecen en la interacción con otros; por esta razón están influenciadas por lo cultural, lo social, lo religioso, entre otros; es decir, dependen de las situaciones contextuales y del tiempo, por lo tanto, pueden ser mejoradas en el proceso de aprendizaje.

### **3.1.4. Algo más de las representaciones: la vida en el laboratorio: la construcción de los hechos científicos**

Queremos destacar los aportes de Latour y Woolgar (1995), quienes revelan el carácter sociocultural, representacional y simbólico del trabajo de los científicos en el laboratorio cuando construyen teorías a partir de un fenómeno estudiado.

En la construcción del conocimiento científico en el laboratorio, existen diferentes roles entre los científicos; por ejemplo, producir inscripciones gráficas, registrar datos y códigos, generar apuntes de toda índole, producir enunciados, producir argumentos que posteriormente son debatidos, criticados, refutados y, finalmente, publicados en artículos y avalados por una comunidad científica.

De acuerdo con lo expuesto, la construcción sociocultural del conocimiento está mediada por un sistema de comunicación en donde el lenguaje y la argumentación juegan un papel importante, ya que a partir de estos procesos se construyen los hechos que dan cuenta del fenómeno en estudio, que van desde el tipo de conocimiento que se da por sentado con total certeza y, seguidamente, es publicado, hasta aquellos que tienen un cierto grado de afirmación, e incluso los que aún no dan por sentado nada, los cuales son motivo de discusiones privadas que muchas veces no salen a luz pública y, por tanto, no son percibidas por el lector.

Como expresan Latour y Woolgar (1995), en definitiva, los científicos están llamados a persuadir a otros y ser convencidos de aceptar como hechos, las explicaciones y representaciones que construyen, sean verbales, escritas, gráficas, simbólicas o mentales, a partir de sus argumentos. Esta actividad discursiva entraña sus procedimientos en la construcción de la realidad. Es por ello que algunos científicos adquieren el carácter de escritores, ya que sus hechos son materializados en artículos que posteriormente son divulgados. Valga recordar que su producción es científica y literaria, aunque ellos no se consideran escritores, sino científicos.

En el contexto de la química, como disciplina experimental y teórica, es necesario adoptar y apropiarse de estas apreciaciones de las ciencias, en especial, la construcción del conocimiento en el laboratorio como un proceso sociocultural, representacional y

simbolico, proceso en el que entran en constante interacción, las teorías, los modelos, las representaciones y los conceptos. De ahí que sea necesario dejar atrás las representaciones procedimentales, tipo receta, en las que priman los formalismos matemáticos y la verificación de teorías; en donde el razonamiento de la lógica formal ha convertido la disciplina en un conocimiento acabado, abstracto y riguroso dentro del laboratorio.

Optamos, entonces, por una propuesta donde prevalezca la argumentación como estrategia pedagógica en la construcción del conocimiento científico, y la apropiación del mismo en forma significativa, en donde se aceptan como hechos las representaciones que se construyen, y a la vez que pueda decirse de ellas qué son y cómo son a través de procesos discursivos (Latour y Woolgar, 1995). Sin lugar a dudas, son los científicos y maestros los llamados a construir mejores representaciones, con el fin de dar buenas explicaciones contextualizadas del conocimiento que construyen.

### **3.2. La argumentación como estrategia para la enseñanza de las ciencias**

Es sabido que las perspectivas tradicionales han dado lugar a una enseñanza de las ciencias en la que el estudiante no es parte de la construcción de su propio conocimiento, por tal razón, y con miras a dinamizar este proceso, aparece la puesta en marcha de una mirada sociocultural. Con esta se busca que el estudiante a través del razonamiento y la argumentación construya en el aula un conocimiento significativo, a partir de un discurso que propicie la crítica, la reflexión, el debate y la toma de decisiones en la solución de problemas en contexto.

Cabe señalar que este razonamiento no corresponde a patrones de razonamiento inferencial, tenido en cuenta en la concepción racionalista, sino que se construye como un razonamiento que se exterioriza ante una comunidad científica que lo discute y lo evalúa (García, Domínguez y García-Rodeja, 2002). En cuanto a la argumentación, puede considerarse como un proceso que implica una actividad individual, mediante la reflexión y la escritura, o como una actividad social que tiene lugar dentro de un grupo cuando producen texto lingüístico. Cuando una persona construye conocimiento científico en un contexto social, recibe la influencia de la presencia de los demás, quienes hacen aportes

valiosos para la construcción del discurso argumentativo (Vergnaud,1994 citado por García, *et al.*, 2002).

Desde este punto de vista, la argumentación ofrece un potencial como estrategia didáctica, en tanto permite construir discursos y producir textos en los que participan varios interlocutores, quienes expresan sus opiniones, discrepan, conversan, discuten, reflexionan, critican y refutan ideas acerca de diferentes temas de las ciencias, ya que el fin no es imponer una idea sobre las demás, sino a partir de los argumentos llegar a consensos.

En relación con lo dicho, es posible afirmar que al argumentar se construyen *realidades* por medio de una variabilidad del uso de la lengua, en este caso la lengua despliega una dimensión argumentativa, ya que su uso tiene un rol intencionado, y este existe de acuerdo con las relaciones establecidas entre los interlocutores (Carrillo, 2007).

Desde esta mirada, la argumentación está situada en una perspectiva sociolingüística, en la que, a su vez, se pueden distinguir dos perspectivas complementarias: a) aquella en la que tienen presencia los procesos cognitivos implicados en el hablar y el entender, y b) las que tienen que ver con la interacción con otros organismos humanos a través del uso de la lengua (Halliday,1978, citado por Carrillo, 2007).

Son estas dos perspectivas las que posibilitan que el conocimiento que se construye en el aula, a partir de los procesos de argumentación, revistan un carácter socio cultural, ya que por medio de la interacción, también se comparten atributos propios de los participantes, enmarcados, a su vez, en aspectos sociales y culturales.

Al momento de caracterizar un fenómeno, fluyen entre los participantes argumentos de diferente profundidad y coherencia conceptual; por esta razón, se hace necesario resaltar que la construcción del conocimiento científico es una actividad epistémica, por cuanto es relevante las características y criterios sobre que conocimiento es aceptable, en la generación y apropiación del discurso científico (Federico y Jiménez, 2005). Visto así, no se puede perder de vista que dentro de la práctica epistémica se encuentran muchas dimensiones y atributos que permiten la construcción del conocimiento, y que van desde una simple observación hasta la elaboración de conclusiones. Aquí cobra importancia la

justificación del enunciado dentro de este proceso, porque implica relacionar enunciados con datos o pruebas que la apoyan (Federico y Jiménez, 2005).

Es necesario aclarar que en esta investigación no se opta por niveles epistémicos para analizar los argumentos, sino por características epistémicas que serán descritas en el siguiente apartado, como cualidades o atributos que tiene cada maestro cuando relaciona teorías/afirmaciones apoyadas en datos, sin entrar a jerarquizarlos en esquemas de mayor o menor inducción (Federico y Jiménez, 2005), ya que estas características nos permite ver a profundidad la coherencia, apropiación del proceso representacional y simbólico de las ciencias a través de sus lenguajes. Además, estas características epistémicas facilitan el acceso a la construcción social de un conocimiento flexible, crítico, no literal ni abstracto, mediante la capacidad o habilidad de integrar datos en explicaciones, de conectar enunciados científicos con pruebas o datos que los justifican —ya sean suministrados en la tarea o recuperados de conocimiento anterior— con el propósito de caracterizar el fenómeno en cuestión, y así poder analizar las dinámicas argumentativas en la construcción del conocimiento de manera crítica y flexible. Por ende, en esta investigación buscamos en las dinámicas argumentativas de los maestros, las características epistémicas que le imprimen a la construcción del conocimiento científico un grado de flexibilidad intelectual y, por tanto, permite la participación, el diálogo, la crítica, la reflexión y el cambio. Además, sirve de insumo para las prácticas pedagógicas de los maestros involucrados en el caso, que les permita reflexionar para resignificar su labor como maestros y, de este modo, mejorar los procesos de comunicación al explicar los fenómenos químicos.

### **3.3.1 Algunas reflexiones sobre la enseñanza de la química y la estequiometría**

Al reflexionar sobre la enseñanza de la química, los maestros tenemos siempre presente en nuestras mentes una serie de contenidos conceptuales, procedimentales, modelos, leyes y teorías. Sin embargo, como lo expone Rocha (2005), la química, tal como la concebimos, no es esa larga lista de conceptos y modelos; por el contrario, desde el punto de vista conceptual, se refiere a un entramado en el que se relacionan una red de conocimientos y conceptos históricos en un proceso de evolución, sobre la que se sustenta todo el saber

acerca de la relación existente entre la estructura de las sustancias y sus propiedades, que amerita ser estudiada.

A estas cortas premisas Toulmin (1977), las denomina *ecología intelectual*, comprendidas como una red de conceptos científicos en evolución que se interrelacionan para explicar el fenómeno estudiado y, al mismo tiempo, destaca los elementos que le dan identidad a los conceptos de la ciencias, en este caso, los de la química.

Siguiendo a Rocha (2005), estos conceptos abstractos de la química terminan en las aulas de clase como un material denso, difícil de entender por los estudiantes, ya que los maestros enseñamos descripciones complejas, abstractas y algorítmicas del conocimiento, sin generar interrelación entre conceptos; tampoco generamos tramas conceptuales que determinan el contexto en el que el significado específico tiene sentido.

En beneficio de la discusión, otro aspecto importante que se debe tener en cuenta para reflexionar sobre la enseñanza de la química es conocer su naturaleza y su carácter representacional, como lo menciona Johnstone (1991, 2000) en sus tres formas o niveles de representación de la materia: el nivel macroscópico, el nivel microscópico y el nivel simbólico. El primero, corresponde a las representaciones que captamos por medio de los sentidos; es decir, corresponde a las representaciones mentales adquiridas mediante la experiencia sensorial —como las propiedades físicas, las propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles— que permiten caracterizar y describir los fenómenos de una manera concreta. Estas descripciones, a nivel macroscópico, son expresadas mediante un lenguaje verbal y visual, con explicaciones y argumentos que llevan códigos y formatos sintácticos convencionales y consensuado que un experto de química debe utilizar (Galagovsky y Bekerman, 2009).

El segundo hace referencia a las representaciones abstractas que tiene en la mente un experto de química a nivel molecular, asociado a esquemas de partículas, expresado mediante lenguaje gráfico, como las esferas que solemos utilizar para esquematizar los átomos, en cuyo caso a un novato le resulta muy difícil comprender por su sistema de significación; quiere decir que solo existe en la mente del experto.

Por último, el nivel simbólico se representa mediante un lenguaje formal, expresado por medio de ecuaciones químicas, fórmulas, símbolos, fórmulas matemáticas; lenguaje formal que a su vez está caracterizado por unos códigos y formatos sintácticos específicos, en función de lo que se quiere explicar.

Según Johnstone (2000), el maestro de química puede utilizar los tres niveles de representación de forma integrada, sin ser conscientes de ello; pero, esto no ocurre con un novato, quien no logra relacionar conceptos y entidades abstractas como átomos, moléculas, mol, entre otros, al no encontrar un anclaje en el sistema de significación de la memoria a largo plazo, con la percepción de los fenómenos estudiados, lo que conlleva a la construcción de bases conceptuales erróneas.

Valga indicar que un novato puede llegar a compartir las destrezas y habilidades cognitivas del experto —aunque sea en un pequeño tema—, adquirir dicha movilidad representacional, desde lo macro, lo micro y lo simbólico, para explicar y comprender los fenómenos químicos; es decir, que las palabras tengan su significación desde lo cotidiano y estén articuladas a los nuevos conceptos (Galagovsky *et al.*, 2003).

Resulta oportuno mencionar, que uno de los temas en química que mayor dificultad tiene para ser enseñado, es el de la estequiometría, por el entramado conceptual y abstracto de las entidades no observables de la materia, como son: átomos, elementos, compuestos, fórmulas, iones, mol, leyes ponderales, ley de la conservación de la masa, diferencia entre coeficiente y subíndices en una reacción química, el concepto de reacción química y su representación a través de una ecuación química. Estas son redes de conceptos que hay que tener en cuenta a la hora de abordar el tema para que la significación cobre sentido. Cabe resaltar que en la estequiometría están en juego diversos formalismos de orden matemático, necesarios para la resolución de ejercicios cuantitativos que requieren una comprensión profunda por parte de los maestros para que puedan enseñarlos adecuadamente.

Por otro lado, para resolver problemas estequiométricos es de suma importancia que los maestros comprendamos los conceptos de proporcionalidad (razones), reactivo límite y en exceso, rendimiento y pureza; es decir, que sepamos lo que hacemos; que internalicemos

el significado y lo apliquemos en diferentes contextos y los convirtamos en procedimientos algorítmicos y mecánicos. Esto solo se logra cuando resolvemos situaciones que articulan los componentes cuantitativos, cualitativos y experimentales (Pozo y Gómez, 2000).

En este sentido, es necesario que los maestros integremos estos tres tipos de problemas en las aulas de clase, allí donde es posible realizar un análisis conceptual de la situación, donde además, se establezcan relaciones entre las variables y se incentiven actitudes formativas, especialmente cuando se fomenta el trabajo colectivo.

En este propósito, Perren, Bottani y Odetti (2004) exponen que los problemas experimentales deben llegar a una respuesta recurriendo a experiencias de laboratorio, a través de preguntas intercaladas. En los problemas cuantitativos se debe trabajar con datos numéricos, ecuaciones y algoritmos matemáticos, relación de variables numéricas y fórmulas para llegar a resolverlos. Por otra parte, los problemas cualitativos requieren razonamientos teóricos, sin necesidad de utilizar cálculos numéricos (o bien estos son mínimos). Lo importante aquí es la interpretación y la comprensión conceptual que permitirá llegar a la respuesta; por eso, a veces se denominan problemas conceptuales.

## 4. Metodología/métodos

### 4.1 Acerca de la caracterización de la investigación

Elegimos como horizonte metodológico la perspectiva cualitativa interpretativa, por cuanto permite abordar descripciones densas con la intención de interpretar y teorizar además comprender los significados y las características de los argumentos del otro.

En esta investigación buscamos dilucidar, en el discurso de los maestros de química, cuestiones alusivas a las dinámicas argumentativas cuando se construye conocimiento en el aula sobre la estequiometría. Adicionalmente, consideramos que la investigación cualitativa es pertinente para nuestro estudio, porque permite comprender, interpretar y reflexionar sobre la *realidad social* como proceso histórico de construcción, visto a partir de la lógica y el sentir de los maestros; por ende, desde sus aspectos particulares y con una óptica interna (Sandoval, 2002).

Con base en lo anterior, analizamos y describimos las interacciones discursivas de los maestros participantes cuando discuten situaciones relacionadas con la estequiometría, de donde se derivan reflexiones y conclusiones sobre la comprensión de la química. Destacamos la pertinencia del estudio de caso como un método de investigación descriptivo que favorece el uso de diferentes instrumentos para recolectar datos y utilizar distintas técnicas para analizar y triangular la información (Yin, 2010). En esta línea, el método que se articula a nuestra intención es el estudio de caso instrumental, ya que buscamos estudiar y comprender a profundidad las características epistémicas y el carácter representacional de los argumentos de un grupo de maestros de química, para describir las subjetividades y significaciones individuales y colectivas en la dinámicas de construcción de conocimiento, y, de esta manera, delimitar los distintos factores en el contexto de enseñanza que inciden en el fenómeno de estudio, desde las particularidades y complejidades del caso, para llegar a comprender y describir el fenómeno de estudio en circunstancias concretas (Stake, 1999).

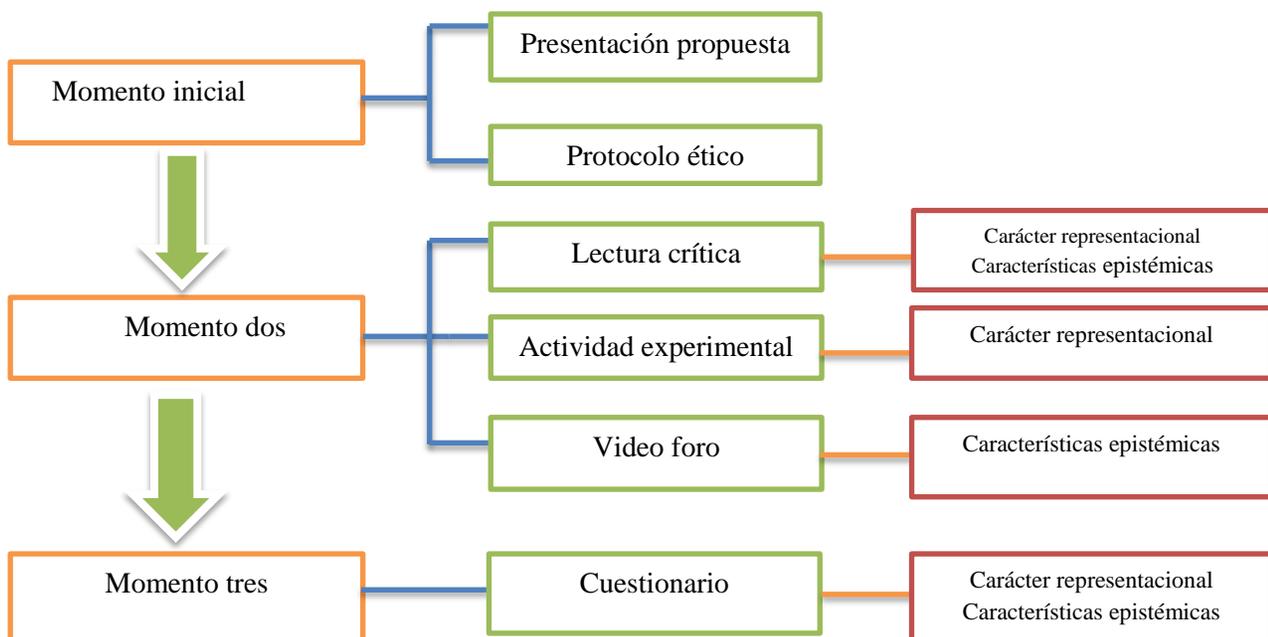
## 4.2 Caso y contexto

Nuestra investigación se llevó a cabo con un grupo de maestros de la Red de Ciencias Naturales del municipio de Caucasia. Esta red es una estrategia de la Secretaría de Educación de la Gobernación de Antioquia, en convenio con el Parque Explora, encaminada a concentrar maestros de todos los establecimientos educativos del Municipio.

El programa se viene desarrollando en el Municipio desde agosto de 2013 y promueve la conformación y dinamización de comunidades de aprendizaje de maestros; además, trabaja en la fundamentación del saber disciplinar, pedagógico y didáctico en ciencias naturales, a través de encuentros trimestrales que son coordinados por un profesional en educación y formación de maestros.

Para el caso que nos ocupa, convocamos los diecisiete maestros que hacen parte de la Red y de allí seleccionamos seis que cumplen con los siguientes criterios: desempeñar su labor en la educación media, tener nombramiento en propiedad (Decretos 1278, 2277), tener formación disciplinar en química, manifestar interés para participar de la investigación y tener el aval del rector para asistir a los encuentros.

## 4.3 Diseño metodológico



**Figura 1.** *Diseño metodológico para la recolección de información*

*Fuente.* Elaboración propia

**Momento inicial:** sensibilización, presentación del proyecto y firma del protocolo ético.

En este momento realizamos la sensibilización y presentación del proyecto, además discutimos y firmaron el protocolo ético con los maestros elegidos. (Ver Anexo 1).

**Momento dos:** aplicamos un taller con tres actividades que atendieron a nuestra intencionalidad investigativa, con diferentes preguntas para recolectar la información (ver Anexo 2). Para la implementación del mismo, organizamos tres secciones de dos horas cada una, encaminadas a registrar la información a nivel individual y grupal. En cada actividad realizamos conversatorios y producciones escritas, con el propósito de observar en ellas el carácter representacional y las características epistémicas presentes en los maestros cuando construyen conocimiento, a partir de situaciones problemas relacionadas con el tema de estequiometría.

Dentro de cada actividad, se concedió un tiempo prudencial para que los maestros escribieran, dibujaran, esquematizaran y resolvieran situaciones relacionadas con la estequiometría; seguidamente, se dio lugar a la socialización, motivando el diálogo, la crítica, la reflexión, el compartir significados y la justificación en la producción de conocimiento.

La organización de cada actividad se realizó con base en los siguientes criterios: primero, la profundización conceptual del componente disciplinar de los fenómenos estequiométricos, de lo más simple a lo más complejo, y de lo más concreto hacia lo más abstracto, teniendo en cuenta siempre la regulación y autorregulación en la dinámica de construcción del conocimiento; segundo, la intencionalidad investigativa; tercero, la integración de los tres tipos de problemas (experimentales, cuantitativos y cualitativos); cuarto, la perspectiva epistemológica de Toulmin sobre

las ciencias; y quinto, aplicación de los conceptos de la ciencias teniendo en cuenta los contextos.

Con base en lo anterior, cabe resaltar la intencionalidad de las actividades en el orden propuesto: lectura crítica, actividad experimental y video foro, con el propósito, primero, de introducir a los maestros en el campo disciplinar con una situación contextual —como es el caso del mototaxismo en el municipio, ya que en los últimos años la cantidad de motos circulando se ha disparado debido a este fenómeno social— que trae consecuencias ambientales como es la contaminación que se genera por el monóxido y dióxido de carbono ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ) que emiten los motores de las motos (cuatro tiempos y dos tiempos).

Plantear situaciones problemas del entorno, genera una mejor comprensión del tema, debido al conocimiento del mismo, en consecuencia, el fenómeno del mototaxismo se convierte en una estrategia para introducir al tema de estequiometria de una forma diferente; paralelamente, genera expectativas y motivación para el desarrollo del mismo.

La combustión generada por las motos es un escenario propicio para plantear todo lo relacionado con la estequiometria, como observamos en las preguntas que dieron lugar a la actividad (ver Anexo 3).

Con una visión más amplia de un fenómeno químico, que por legado cultural es tratado cuantitativamente, se dio paso a la actividad experimental para continuar con la discusión; por último, una actividad de aplicación y también de carácter contextual como es la intoxicación por metanol, situación que cotidianamente se evidencia.

**Momento dos.** Cuestionario a los maestros participantes. Finalmente, aplicamos un cuestionario de seis preguntas abiertas, para complementar y comprender los asuntos que requerían claridad y que no fueron detallados en las sesiones anteriores. Es de anotar que con las preguntas abiertas motivamos a los maestros para que expresaran opiniones con argumentos variados.

Además del cuestionario, en este momento aplicamos una evaluación de cuatro preguntas abiertas, para que los maestros evaluaran las tres sesiones del desarrollo del taller que se enmarcó en la argumentación como estrategia didáctica para la enseñanza de las ciencias (ver Anexos 4 y 5).

#### **4.4 Sistematización de la información**

Para llevar a cabo las sesiones fue necesario dejar claro que a cada maestro participante le asignamos un código de dos letras; por ejemplo: Maestro A (M.A). Luego de establecer este acuerdo para garantizar la confidencialidad de los participantes, procedimos a la sistematización de las actividades, las cuales fueron registradas en audio, en video y en forma escrita, durante sesiones de dos horas aproximadamente. Posteriormente, la información recolectada de cada una de las discusiones y socializaciones que se llevaron a cabo en cada sesión, fue transcrita en hojas de texto en Word, mientras que la información escrita fue escaneada para luego analizarla de acuerdo con las categorías de la investigación.

##### **4.4.1 Criterios de análisis**

En relación con la perspectiva interpretativa, consideramos que el análisis de contenido nos ofrece la posibilidad de interpretar el discurso a profundidad; se trata del contenido de cualquier comunicación, ya sea escrita, oral o icónica, entre otras, las cuales se encuentran en procesos argumentativos individuales o grupales, y de esta manera formular a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y aplicables a un contexto determinado para ser revelados, es decir, se puede desvelar su contenido, su significado, o su sentido (Piñuel, 2002).

Según este autor, se denomina *análisis de contenido* a una serie de procedimientos interpretativos, tanto de textos escritos como de los que provienen de las transcripciones del

discurso oral. En relación con lo anterior, es necesario centrar los análisis en unidades de contexto y unidades de registro; la primera se refiere al «texto» en el cual está contenida la unidad de registro y, la segunda, es la unidad central objeto de interpretación. En este estudio, asumimos como unidades de análisis algunos enunciados o secuencias de enunciados obtenidos, por lo tanto, nos acogemos a la perspectiva de Foucault (2007), citado por Henao (2010) para quien «Los enunciados son unidades de discurso que en sentido filosófico, hacen posible un análisis del mismo en su complejidad, discontinuidades o rupturas, correlaciones y modos de existencia; así, los enunciados son unidades no equiparables a las oraciones gramaticales, ni a las proposiciones de la lógica formal» (p.188). Dichos enunciados fueron extraídos de las discusiones, tanto en producciones escritas, como en transcripciones de las discusiones que surgieron durante las actividades planteadas.

#### **4.5 Algunas consideraciones sobre las categorías de análisis**

Atendiendo al propósito de nuestra investigación, y de acuerdo con el marco teórico, definimos una macrocategoría centrada en las dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento (diálogo, crítica, reflexión, compartir significados y justificación) y dentro de esta macrocategoría surgen dos categorías relacionadas con las características epistémicas y el carácter representacional; estas, a su vez, se subdividen en subcategorías como se puede observar en la figura 1.

**Figura 2.** Categorías de análisis

Macro categoría	Categoría	Subcategoría
Dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento (diálogo, crítica, compartir significados y justificación)	Carácter representacional	Representaciones Macroscópicas
		Representaciones simbólicas
	Características epistémicas	Relacionar/conectar predicciones o datos del problema con datos no citados o mencionados en la documentación.
		Identificar/describir características del fenómeno referidas a datos cualitativos o cuantitativos.
		Aspectos relacionados con la utilización de pruebas para apoyar ideas y dar sentido al fenómeno que se estudia.
		Aspectos relacionados con el lenguaje de las ciencias para comunicar las ideas
		Aspectos relacionados con el respeto de lo que cada uno tenía que decir.
		Aspectos relacionados con pertinencia, coherencia sistemática de cada explicación respecto a la prueba.
		Aspectos que modifican su afirmación o explicación cuando se presentan inconsistencia o se ha descubierto información anómala.
		Aspectos relacionados con negociar significados, compartir ideas o criticar

Fuente. Elaboración propia

#### **4.5.1 Dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento.**

Como ya mencionamos, las dinámicas de construcción del conocimiento se relacionan con procesos de interacción y transformación de teorías, orientadas bajo una serie de estrategias como: la generación de preguntas y problemas, la invención y discusión de explicaciones, el establecimiento de herramientas conceptuales, la utilización de elementos tecnológicos, entre otros (Toulmin, 2003b).

##### **4.5.1.1 Carácter representacional en los argumentos de los maestros**

En nuestro caso, elegimos esta categoría para referirnos a la forma en que los maestros hacemos representaciones que permiten dar explicaciones científicas y construir conocimiento. Para tal fin, se tiene en cuenta el carácter representacional de las ciencias, propuesto por Stephen Toulmin (1977), en donde las representaciones se consideran formalismos matemáticos y simbólicos, gráficas o diagramas, árboles taxonómicos y clasificaciones, elaboración de programas de computador y modelos teóricos. Por consiguiente, compete a los maestros construir mejores representaciones y procedimientos explicativos, mediante símbolos, códigos y formatos sintácticos claros y coherentes, de manera que le posibiliten a una comunidad de novatos utilizarlos para construir conocimiento, de forma significativa, acerca de los fenómenos de la naturaleza.

Dentro de esta categoría incluimos tres subcategorías que se relacionan con los tres niveles de la química propuestos por Johnstone (1991,2000) como son: representaciones submicroscópicas, representaciones simbólicas y representaciones macroscópicas, las cuales se relacionan entre sí y nos permiten comprender de una mejor forma los fenómenos que tienen lugar en la química. Dichas representaciones hacen uso de los lenguajes, escrito, verbal, visual, formal y gráfico, los cuales se relacionan y complementan para lograr la construcción del conocimiento científico.

Ahora bien, hacemos claridad en que estos tres niveles propuestos por Johnstone (1982, 1991), son tomados en consideración por Galagovsky, *et al.* (2003) en posteriores

investigaciones en las que, a pesar de estar de acuerdo con ellos, les plantea una modificación, como es la de incluir el nivel submicroscópico dentro del nivel simbólico. Desde este punto de vista, «el nivel submicroscópico es, en sí mismo, un nivel simbólico[...] que interpreta explicaciones mediante esquemas de partículas, expresándose a través de un lenguaje gráfico que utiliza códigos específicos» (Galagovsky *et al.*, 2003, p.112), los cuales son usados con diferentes significados para estudiar fenómenos diferentes, como es el caso de esferitas que sirven para esquematizar especies químicas diversas.

Visto de esta forma, los maestros entendemos perfectamente la equivalencia de las esferitas en cada caso; sin embargo, es probable que los novatos no comprendan fácilmente estos cambios de códigos, debido al significado de cada código dependiendo el lenguaje de aplicación. En atención a lo expuesto, estamos de acuerdo con la modificación que señala Galagovsky *et al.* (2003) para los niveles de representación, y lo acogemos como punto de referencia para el análisis de los datos.

### ***Representaciones macroscópicas***

De acuerdo con Johnstone (2000), hacemos alusión a la representación macroscópica para referirnos a representaciones mentales adquiridas a partir de la experiencia sensorial directa; es decir, aquellas propiedades organolépticas, visuales, auditivas y táctiles. Incluimos todos los sistemas materiales que manipulamos, ya que podemos caracterizarlos mediante descripciones sensoriales. Estas representaciones mentales, desde la perspectiva toulminiana, son secundarias y derivadas; requieren el registro de datos perceptibles por los sentidos y utilizan un lenguaje visual y verbal para ser expresadas y construidas en colectivos.

### ***Representaciones simbólicas***

Según Johnstone (2000), las representaciones simbólicas hacen alusión a todas aquellas formas de expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, etcétera.

Como lo mencionamos anteriormente, el nivel submicroscópico lo incluimos dentro de las representaciones de tipo simbólico, como lo expresan Galagovsky y Giudice (2015):

el mundo microscópico está mediado por la tecnología, por el conocimiento y por los modelos vigentes en cada época histórica de la humanidad. La química, como disciplina científica a ser comunicada requiere, además, de un plano lingüístico que queda constituido en el discurso químico. Es en este plano en el que se proponen elementos retóricos de nivel simbólico para expresar los modelos, las interpretaciones y las explicaciones del nivel sub-microscópico, así como la descripción de los fenómenos del nivel macroscópico.(p.85).

En todo caso, estas representaciones microscópicas, según Johnstone (2000), se refieren a representaciones abstractas, como aquellos modelos que tiene en su mente un experto en química asociados a esquemas de partículas y que requiere conocimientos sobre entidades no perceptuales para hacer una interpretación particular de la materia. Dentro de estas encontramos las imágenes de esferitas que solemos utilizar para representar los átomos.

Estas representaciones submicroscópicas se expresan mediante un lenguaje gráfico que utiliza códigos específicos, como es el caso de la oración icónica del discurso científico de la química, formada por iconemas químicos, íconos químicos y dibujos o representaciones concretas (Galagovsky y Bekerman, 2009).

#### **4.5.1.2 Características epistémicas**

Relacionamos esta categoría con la actividad epistémica en la producción del conocimiento científico, en la que es relevante definir las características epistémicas, como cualidades o atributos dentro del proceso epistémico de la argumentación científica que tiene cada maestro cuando relacionan teorías/afirmaciones apoyadas en pruebas; es decir, con procesos de construcción de conocimiento científico en donde se usa información para

justificar puntos de vista, codifican información con base en conocimientos ya adquiridos o mencionados en la documentación; por consiguiente, la construcción de conocimiento contiene aspectos epistémicos de la argumentación científica que permite la generación y apropiación del conocimiento científico.

Dentro de esta categoría están incluidas varias subcategorías que permiten describir esas características epistémicas en la justificación de enunciados; para ello, tomamos algunos elementos de Federico y Jiménez (2005) y Sampson & Clark (2008), y construimos otras que son fundamentales para nuestro estudio y así poder analizar las dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento científico.

En relación con lo anterior, y considerando las cualidades utilizadas para la construcción del conocimiento por parte de los maestros participantes, las características epistémicas que más sobresalieron en ellos fueron las siguientes. Veamos.

*Relacionar /conectar predicciones o datos del problema con datos no citados o mencionados en la documentación.* Esta hace referencia al proceso epistémico de la argumentación científica que realizan los maestros cuando relacionan conceptos, características, teorías, leyes, principios, fórmulas, códigos, valores numéricos y convenciones de la química, con el propósito de predecir consecuencias del fenómeno estudiado.

*Identificar/describir características del fenómeno referidas a datos cualitativos o cuantitativos.* Esta característica se manifiesta cuando los maestros hacen uso del proceso epistémico de la argumentación científica para identificar o describir las propiedades físicas o químicas que dan cuenta del fenómeno a partir de datos cualitativos o cuantitativos.

*Aspectos relacionados con la utilización de datos para apoyar ideas y dar sentido al fenómeno que se estudia.* Se refiere el uso de datos por parte de los maestros como prueba para defender una conclusión o una explicación. Por lo tanto, es necesario la utilización de evidencias que justifiquen los argumentos. En este caso, estas

justificaciones deben incluir los datos o frases como: «eso es lo que yo pienso» o «no tiene sentido», «los datos que encontramos sugieren que...», «nuestra evidencia indica...», entre otras.

*Aspectos relacionados con el lenguaje de las ciencias para comunicar ideas.* Esta característica está relacionada con el uso adecuado del lenguaje científico en la construcción de discurso que explica los fenómenos químicos. Es por ello que la adopción y el uso apropiados de términos específicos del lenguaje químico como: condensación, moléculas, moles, estequiometría, entre otras y de frases como: «se apoya» en vez de «prueba» juegan un papel importante en la organización de un discurso coherente y significativo.

*Aspectos relacionados con el respeto de lo que cada uno tenía que decir.* El uso de esta característica se ve reflejada en las siguientes expresiones: «es un buen punto», «una idea interesante», o «no había pensado en eso», entre otras. En coherencia, se caracteriza por permitir a todos presentar sus ideas y expresar sus opiniones, resaltando la importancia que estas merecen. Es más que escuchar cortesmente o llegar a un acuerdo tácito; es el respeto inherente a la persona.

*Aspectos relacionados con pertinencia, coherencia y sistematicidad de cada explicación respecto a la prueba.* Esta se refiere a la naturaleza tentativa de dar respuestas de los fenómenos científicos. Es necesario manifestar que más que una forma de interpretar los datos o pruebas, lo que se busca es la organización y sistematización de las ideas, al momento de construir el discurso que da cuenta del fenómeno en estudio.

*Aspectos que modifican su afirmación o explicación cuando se presenta información inadecuada o con inconsistencias.* Hace referencia a las inconsistencias que pueden presentar las afirmaciones o explicaciones que hacen los maestros cuando dan sus argumentos del fenómeno en estudio. Es necesario tener en cuenta que las

inconsistencias a la hora de construir conocimiento son comunes en las ciencias, pero, el maestro es llamado a modificar su explicación, con el propósito de mejorarla en busca de la comprensión.

*Aspectos relacionados con negociar significados, compartir ideas o criticar.* Esta característica se refleja cuando varios individuos comparten, discuten, reflexionan, critican y justifican sus diferentes puntos de vista, con el fin de construir una explicación más sólida del fenómeno en estudio. Por consiguiente, pueden hacer uso de expresiones como: «lo que haces pensar», «está de acuerdo», o «está bien no estar de acuerdo conmigo», «vamos a hablar más sobre esto», entre otras expresiones que revelan lo que es compartir y construir el conocimiento en colectivo.

## **5. Resultados y análisis**

A continuación, analizamos la categoría relacionada con el nivel representacional de la materia utilizado por los maestros participantes en el taller, la cual incluye representaciones simbólicas y macroscópicas.

En cada actividad, los maestros participantes tuvieron la oportunidad de hacer representaciones verbales y gráficas. Las primeras (verbales) las evidenciaron mediante un lenguaje oral y escrito, con un vocabulario propio de la química; por ejemplo, términos como: reactivos, productos, produce, mezcla, combustión, octanaje, etcétera. Las segundas (gráficas) fueron expresadas por medio de fórmulas, reacciones químicas, códigos, símbolos, esferas, estructuras de Lewis, analogías, etcétera.

Todas estas representaciones se constituyen en nuestro insumo para identificar los procesos representacionales en las dinámicas de construcción del conocimiento de los maestros participantes. No obstante, solo algunas de las producciones escritas individuales y las discusiones grupales de los maestros fueron objeto de análisis, pero de ningún modo pretendemos llegar a consideraciones generales de carácter universal, ya que concebimos la «realidad» educativa múltiple e intangible; por tanto, las interpretaciones y reflexiones

realizadas corresponden a determinados argumentos producidos por los maestros durante las tres sesiones.

En la primera sesión, los participantes socializaron, discutieron, argumentaron y construyeron representaciones verbales de forma oral y escrita, como también de tipo gráfico, con el fin de dar cuenta del fenómeno en estudio (combustión de la gasolina).

Teniendo en cuenta, todas estas formas que utilizaron los maestros para elaborar sus representaciones, observamos que entre ellos predomina el nivel simbólico, expresado mediante un lenguaje de fórmulas como el que propone Johnstone (1991, 2000).

Por otra parte, es importante señalar que este nivel utilizado para la construcción y argumentación del discurso de la química se fue transformando en las actividades posteriores, en la medida en que algunos participantes reconocieron la importancia de utilizar otro tipo de representaciones como la macroscópica y simbólica. Dentro de esta última se incluye la forma representativa microscópica, como lo exponen Galagovsky y Giudice (2015).

## **5.1. Carácter Representacional**

### **5.1.1. Proceso representacional macroscópico**

Como lo anotamos anteriormente, este tipo de representación la evidenciamos cuando el maestro utiliza técnicas de representación aceptadas en las ciencias, como son los formalismos matemáticos, gráficas, esquemas, modelos teóricos, etcétera, utilizadas para explicar, enseñar o mostrar los fenómenos físicos. Éstas guardan estrecha relación con la experiencia sensorial directa, que requiere un lenguaje visual y verbal para ser expresada, es decir, no depende de la naturaleza en sí, sino de las representaciones construidas.

En este orden de ideas, es posible identificar este tipo de técnicas de representación macroscópicas en los argumentos de la Actividad N°1 cuando el M.F expresa:

En las motos de dos tiempos su combustión es incompleta, en cambio... por eso emiten humo, por eso las motos de cuatro tiempos, el proceso de combustión es más eficiente y emiten poco humo. En la actualidad en Medellín, ya no se permite usar motos de dos tiempos, si no motos de cuatro tiempos, la gran cantidad de emisiones de monóxido de carbono, como es más denso

que el aire asciende más o menos a esta altura. (Actividad N°1: Lectura Crítica - Marzo 20 De 2015 El Mototaxismo un Problema Social y Ambiental en Caucasia.)

En este enunciado destacamos que la representación realizada por el maestro está relacionada con la experiencia cotidiana de las motos dos tiempos, en razón a que manifiesta que estas realizan una combustión incompleta, debido a que emiten mucho humo; por el contrario, las motos cuatro tiempos emiten poco humo y por ello su combustión es completa.

Por otra parte, parece ser que el participante estaba pensando en reacciones químicas o en procesos estequiométricos, la expresión «emiten humo» se podría interpretar como si relacionara la palabra humo con los productos de la combustión del octano ( $C_8H_{18}$ ) donde se produce monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono ( $CO_2$ ) y agua ( $H_2O$ ); por lo tanto, depende de si la reacción es completa o incompleta. De igual forma, el maestro utiliza la palabra «eficiente», un término propio de la estequiometría para indicar la eficiencia de la reacción.

Del mismo modo, es necesario acentuar de la expresión, «por eso emiten humo», una representación macroscópica, porque está relacionada con la percepción sensorial; cabe destacar, el valor que tiene esta representación en términos de su carácter público y cultural, puesto que se convierte en un elemento importante que adquiere significado dentro el procedimiento de la explicación del fenómeno. Sin embargo, es muy difícil percibir si la reacción es completa o incompleta, por el simple hecho de emitir mucho o poco humo. En este sentido, habría que explicar la reacción en términos de proporciones y de relaciones para emitir un juicio más o menos acertado del proceso de combustión.

A pesar que se da un contexto de aplicación del fenómeno, el cual notamos cuando el maestro hace una comparación en la combustión que se lleva a cabo en las motos (dos tiempos y cuatro tiempos), no es fácil comprender el concepto de combustión, debido a que su representación es muy compleja en cuanto al enunciado utilizado: «por eso emiten humo» y «emiten poco humo». Al parecer, el maestro da por entendido que el proceso de combustión ocurre solo porque hay emisión de humo.

Ahora bien, sabemos que el humo liberado en la combustión completa e incompleta son, en su orden, dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y monóxido de carbono (CO), además de calor y vapor de agua (H<sub>2</sub>O), productos propios del proceso de combustión. Por tal motivo, es posible suponer que estas complejidades y abstracciones en el lenguaje podrían ser motivo de incompreensión a la hora de construir explicaciones referentes a la estequiometría.

De ahí que la forma de utilizar los términos químicos necesarios y la falta de especificación en la explicación del proceso, pueden conllevar a vacíos conceptuales relativas a reacciones químicas, combustión, reactivos, productos y relaciones estequiométricas; estos, al no ser utilizados de modo coherente para explicar el fenómeno en estudio, posiblemente no permiten construir explicaciones significativas, como es el caso de la ecuación que representa la combustión del octano:

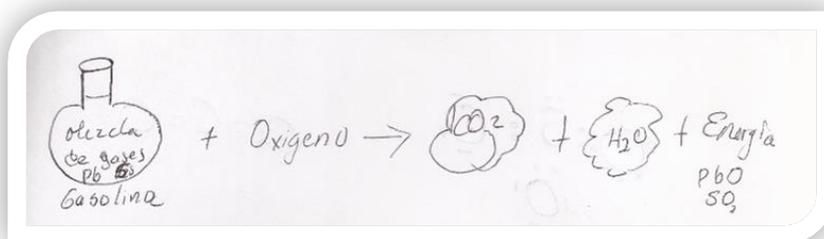


En esta misma actividad, es importante reconocer el nivel representacional macroscópico del M.A, en su enunciado, cuando manifiesta: «además de la contaminación de la atmósfera que hablaron los compañeros habría una contaminación acústica ...eeeh... el alto ruido que producen estas motos ... algunas no ... algunas producen humo... y cuando se concentran en un solo sitio, en un semáforo, en una esquina, más todavía» (Actividad N°1: Lectura crítica - Marzo 20 de 2015 El Mototaxismo un Problema Social y Ambiental en Caucasia.).

En esta intervención es posible identificar el nivel representacional macroscópico, ya que el M.A se remite a propiedades físicas como el «ruido» o sonido de las motos para explicar las consecuencias del fenómeno en estudio. No obstante, es posible considerar que a pesar de utilizar un procedimiento teórico explicativo para explicar la contaminación, la representación que realiza no presenta una fuerte relación con las nociones y principios de la contaminación acústica, porque solo se remite a la expresión «altos ruidos que producen estas motos»; con esta expresión, al parecer, asume todo el entramado conceptual sobre la contaminación y el sonido.

En este orden de ideas, es posible notar que su enunciado está mediado por un contexto social, el cual influye en el conocimiento de uso, el cual percibimos por medio de sus explicaciones, en virtud de las cuales se develan expresiones utilizadas habitualmente por las personas sin interpretación alguna. Adicionalmente, en el enunciado «habría una contaminación acústica» es posible apreciar que el maestro se aleja de las posturas positivistas, en cuanto hay lugar para la duda, la crítica y la reflexión. Para ser más exactos, la duda se presenta en la inflexión del verbo: habría, que no afirma, sino que abre la posibilidad.

Allegando a la discusión, a la pregunta: ¿cómo representarías las sustancias y el fenómeno de combustión de la gasolina?, el M.F grafica lo siguiente:



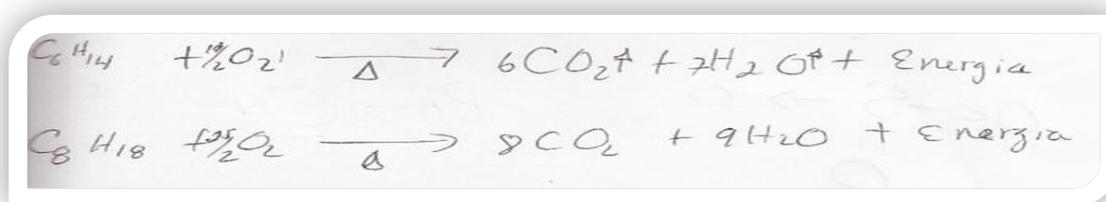
**Figura 3.** Representación macroscópica y simbólica del M.F sobre la combustión de la gasolina

En la figura 3 el M.F utiliza diferentes lenguajes (verbal, formal y gráfico), además de convenciones, para explicar la reacción química de la combustión. Esta variedad de códigos y lenguajes en un mismo formato podría, en un momento dado, ocasionar incompreensión en un aprendiz que empieza a estudiar la estequiometría; es decir, se puede dar el caso que dicha representación no sea potencialmente significativa en el proceso de explicación de los fenómenos estudiados y se preste para generar distorsión en su comprensión.

En atención a lo expuesto, se puede observar que del lado izquierdo de la ecuación, donde se ubican los reactivos, el maestro realiza un esquema de un recipiente y, dentro de él, escribe las palabras «mezcla de gases, (Pb) y (S)» y por fuera del recipiente la palabra gasolina.

Al respecto hay que señalar que la gasolina es una mezcla de hidrocarburos en estado líquido y no de gases como lo deja ver el maestro, por lo que, al parecer, presenta una incoherencia, ya que al dibujar la botella con un aforo —una marca circular grabada con precisión sobre el vidrio del material volumétrico para indicar que ese es el volumen determinado— quiere comunicar el estado líquido de la gasolina, y se presta para confusiones por anteponer la palabra gas; seguidamente, continúa con un signo (+) seguido de la palabra oxígeno y una flecha (indica produce) hacia los productos, los cuales encierra en forma de pequeñas nubes, donde muestra las fórmulas del dióxido de carbono y agua, y por fuera de la nube la palabra energía y las fórmulas de los óxidos de plomo (PbO, PbO<sub>2</sub>) y azufre (S).

En este caso, es posible que por situaciones contextuales del grupo de maestros participantes, o por desconocimiento, el M.F realiza este tipo de representación, que no puede ser catalogada como «error», sino como un paso para reconocer las fallas en los procedimientos anteriores, con el fin de superarlos, pues más tarde en la misma discusión él expresó: «yo lo representaría a través de la reacción» y graficó una posible representación de la combustión (gasolina):



**Figura 4.** Representación simbólica del M.F sobre la combustión de la gasolina

Por lo tanto, al profundizar en estas cuestiones, Toulmin (2003b) explicita que las ciencias tienen sus propios lenguajes y recursos literarios para representar sus teorías

explicativas, de tal manera que un científico aprende a hablar y a pensar en términos de los modelos teóricos explicativos y, en nuestro caso, los maestros.

Continuando con el análisis del ejercicio elaborado por el M.F, es conveniente mostrar la representación macroscópica realizada por él, cuando se le pide que represente los sistemas que observa en la mesa (solución de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) al 0.2M, y solución de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) diluido al 3M, nitrato de plata sólido ( $\text{AgNO}_{3(s)}$ ) en un vidrio de reloj, ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) concentrado en un frasco, agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) en un frasco y los materiales como balón de fondo plano, pipeta, pera, vidrio reloj y agitador): «lo primero que uno identifica es que son soluciones y que uno parte de un sólido y que el otro parte de un líquido y que para poder organizar la solución hay que agregarle agua. Para hacer estos cálculos necesitamos saber cuántos moles se requieren del soluto, como dice el compañero» (Actividad N°2: actividad experimental marzo 26 de 2015).



**Figura 5.** Representaciones macroscópicas del M.F sobre las soluciones de  $\text{HCl}$  y  $\text{AgNO}_3$ .

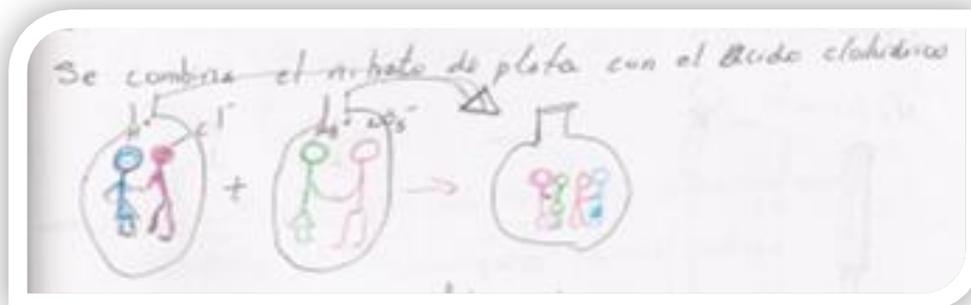
En esta intervención, el M.F utiliza lenguaje verbal para explicar la representación gráfica que realizó y termina con un lenguaje de fórmula. Es posible identificar en el esquema, cómo el maestro utiliza diferentes códigos y lenguajes. Posiblemente, sin darse cuenta, se moviliza entre el nivel representacional macroscópico y simbólico, empleando para ello diferentes lenguajes que, probablemente, pueden conducir a contradicción en quien lo recibe, lo que implica la necesidad de utilizar las técnicas de representación en procedimiento de aplicación adecuados cuando así se requiera.

Nada desestimable agregar al análisis por qué el M.F utiliza el término reactivo a la izquierda del gráfico. Se puede conjeturar que es para nombrar los materiales que forman las soluciones. En ese mismo esquema, el maestro utiliza una representación macroscópica no muy adecuada para representar el proceso de disolución que tiene lugar a nivel microscópico donde el soluto y solvente interactúan para formar una sola fase. Este esquema del M.F es muy similar al de las reacciones químicas.

Para un maestro que sabe del tema cobra sentido, pero en un aprendiz podría entrañar dificultad en entender y comprender los conceptos, ya que lo podría confundir con el concepto de reacciones químicas, en razón a los códigos y el lenguaje que emplea.

Puesto en estos términos, los maestros debemos reflexionar acerca de cómo utilizar la terminología de forma oportuna y pertinente respecto del fenómeno explicado, discriminando en cada situación, la representación macro, micro y simbólica cuando así lo amerite. Estas representaciones son valiosas, porque permiten conocer el fenómeno desde lo concreto, lo observable, y lo no observable, mediante diferentes códigos y lenguajes que median las construcciones colectivas a través de los procedimientos de aplicación de las ciencias.

En un segundo momento del taller, se le solicitó a un maestro que combinara la solución de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) con la solución del ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ); posteriormente, se invitó a los maestros participantes a que esquematizaran o representaran el fenómeno sin utilizar ecuación química. A propósito, el M.F respondió: «voy a hacer una pareja bailando». Pasados cinco minutos agregó: «Entonces, yo dibujé aquí mi baile; luego los coloqué a cada uno en su recipiente; luego, se combinó y hubo un intercambio...desplazamiento de la reacción». (Actividad N°2: actividad experimental marzo 26 de 2015)



**Figura 6.** Representación analógica del M.F sobre las soluciones HCl y AgNO<sub>3</sub>

En esta intervención el maestro utilizó una analogía para tratar de explicar lo que estaba sucediendo cuando se combinaban las dos soluciones; pareciera que compara el cambio de pareja con una reacción química de tipo desplazamiento. Arriba de cada pareja pone los símbolos de las sustancias y los encierra dentro de una botella. Este tipo de pensamiento se aleja de la perspectiva de esta investigación, porque consideramos la representación del conocimiento como está contemplado en los modelos explicativos de la química. Además, cada disciplina tiene su propio lenguaje, sus representaciones pertinentes y adecuadas para explicar los fenómenos. En ningún momento el maestro expresó: « asemeja a », o « como si fuera », esto podría significar otra cosa, distorsionando los conceptos, nociones y principios de la química. A menos que se supiera que las parejas de personas graficadas no hacen parte de la reacción química.

En este sentido, Henao et al. (2010), reconoce que las técnicas de representación cobran sentido en el ámbito de los procedimientos explicativos; por lo tanto, una ley o la teoría no son la explicación, sino algo que puede servir como explicación cuando los científicos la utilizan para dar cuenta de un fenómeno; esto es, los conceptos derivan su significado del uso que los científicos hacen de ellos en actividades explicativas.

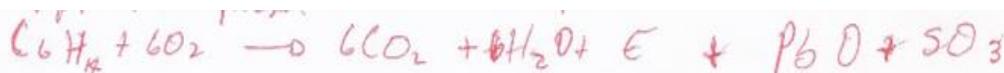
Cabe considerar que la comprensión de un proceso, en este caso, químico, depende de la forma como se oriente; por ello es necesario tener presentes como maestros de la disciplina, todos aquellos aspectos que permitan la flexibilidad intelectual, la apropiación

de los conocimientos científicos, al compartir significados, experiencias y valores, reflexiones críticas propositivas y cambiantes que acepten puntos de vista diferentes, que den lugar al cambio y que permitan la elaboración de modelos explicativos con un buen discurso en el que se empleen los códigos, formatos y lenguajes de la química en forma adecuada y sin correr el riesgo de causar problemas de incomprensión en quienes reciben esos discursos y los utilizan para producir nuevos conocimientos.

### 5.1.2. Proceso representacional simbólico

Respecto a las representaciones simbólicas, conviene recordar que son aquellas técnicas de representación que se usan para expresar conceptos químicos mediante fórmulas, ecuaciones químicas, expresiones matemáticas, gráficos, definiciones, etc. Para tal fin, hacen uso un lenguaje formal, verbal, visual y gráfico, con códigos y formatos sintácticos específicos.

Como se indicó arriba, en esta misma actividad, la representación mental que más predominó entre los maestros fue el carácter representacional simbólico basado en un lenguaje de fórmula y un lenguaje verbal. Esto es posible notarlo cuando se les pregunta a los maestros por las representaciones de las sustancias que conforman la gasolina, el proceso de combustión y los contaminantes que se liberan de dicho procesos en las motos de dos tiempos y cuatro tiempos. Para ilustrar, traemos a colación la representación del M.A: «yo la hice con el hexano ( $C_6H_{14}$ ) más seis moléculas de oxígeno producen seis moléculas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) más siete de agua ( $H_2O$ ) y energía» (Actividad N°1: Lectura Crítica - Marzo 20 De 2015 El Mototaxismo un Problema Social y Ambiental en Caucasia).



**Figura 7.** Representación simbólica del M.A sobre la combustión de la gasolina.

Cabe señalar que el M.A toma como componente activo el hexano ( $C_6H_{14}$ ) para realizar la explicación de la combustión de la gasolina, ya que este es uno de los componentes de la mezcla que forma la gasolina; pero, el compuesto con mayor reactividad es el octano ( $C_8H_{18}$ ). Aun así, hay inconsistencia entre el argumento y la representación gráfica en cuanto al balanceo de la ecuación química. Esto se evidencia cuando afirma: «[...] produce seis moléculas de dióxido de carbono ( $CO_2$ ) más siete de agua ( $H_2O$ ) y energía» y en la gráfica se observa que produce seis moléculas de dióxido de carbono. El inconveniente se presenta cuando el M.E, dice: «no es siete de agua, si no, seis». En ningún momento el M.A entra a criticar o a refutar lo dicho y acepta el punto de vista del M.E y lo comunica con esas dificultades.

Algunas posibles razones de la ocurrencia de este evento pudieron originarse en la tensión del grupo, el respeto por el maestro o la dinámica de construcción del conocimiento, es decir, lo situacional de la práctica explicativa. Y en este dirección cobra sentido la calidad del juicio racional, como lo expresa Toulmin (2003a) en términos de lo razonable (racionalidad); es decir, la disposición como personas a responder a situaciones nuevas con espíritu abierto, reconociendo fallas en procedimientos anteriores y superándolos. Es posible que el M.A tenga clara la representación, pero una situación externa a su raciocinio hace que exprese un enunciado inadecuado.

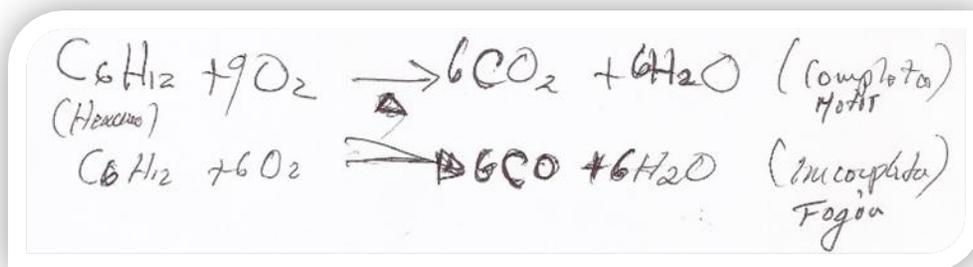
Del mismo modo, cuando se les interroga sobre las representaciones de los contaminantes que produce la gasolina, el M.A responde: «eso también depende de la calidad de la gasolina» y añade: «Pb (plomo)»; por su parte, el M.B dice: «óxido de plomo» y el M.F: «óxido de azufre». Luego, el investigador 2 pregunta: ¿de qué otra forma podríamos representar esos contaminantes? A esta pregunta, el M.A realiza una representación con lenguaje de fórmulas químicas de los compuestos óxido de plomo (II) y óxido de azufre (VI), en la reacción de combustión del hexano ( $C_6H_{14}$ ), como lo muestra la figura 7.

Al parecer, el maestro quiere expresar, en su representación, los productos que se liberan cuando la gasolina realiza la combustión; pero, esta forma de expresarlo podría provocar incompreensión, debido a que en la explicación del fenómeno no tuvo en cuenta

los formatos sintácticos de dicha reacción, como: reactivos, productos, ecuación química balanceada con su respectivo coeficiente, la ley de la conservación de las masas, relaciones estequiométricas, proporciones, reactivo límite, para citar algunos. En esta misma representación se puede evidenciar la dificultad que presenta el maestro A para hacer una transferencia del lenguaje verbal al lenguaje de fórmula, pues, a pesar de saber sobre los aditivos y los contaminantes que produce la combustión de la gasolina, realiza una representación inadecuada de la ecuación química, por cuanto debió realizar las representaciones de los contaminantes, por separado, y no dentro la ecuación química de la combustión del hexano u octano.

En concordancia, con Galagovsky y Giudice (2015), quienes afirman que, en una reacción, “el lenguaje de fórmulas químicas presenta fuertes restricciones sintácticas” (p.93); es decir, limita el aspecto explícito de la información, porque solo admite una sola descripción, la de reactivos y productos puros; por lo tanto, no hay espacio para las impurezas ni para el reactivo en exceso.

En otras palabras, cada técnica de representación tiene sus propios lenguajes y recursos literarios para exponer sus teorías explicativas. Lo notable aquí es reflexionar en qué momento esa técnica es la adecuada para explicar el fenómeno. De igual modo, resultan sustanciales las representaciones del M.E, en la actividad de lectura crítica, «El mototaxismo un Problema social y ambiental en Caucasia», porque en su discurso utiliza un lenguaje de fórmulas. En primera instancia, para la representación de la combustión de la gasolina, el M.E utiliza como componente activo el hexano, en el que exhibe el proceso de combustión incompleta y completa, tal como se aprecia en la figura 8.



**Figura 8.** Representación simbólica del M.E, sobre la combustión de la gasolina

En primer lugar, hay que decir que el M.E realizó la fórmula química del hexano de forma inadecuada ( $\text{C}_6\text{H}_{12}$ ), lo que lo llevó a aplicar las nociones y principios de la estequiometría de forma incorrecta. Una posible y adecuada representación, como se acepta en la química orgánica, es  $\text{C}_6\text{H}_{14}$ . Al parecer, este tipo de representación puede ocasionar dificultades para comprender la química, en especial, cuando hay transferencias de lenguaje del verbal al de fórmula.

De lo anterior se puede interpretar que el maestro confundió la fórmula general de los alcanos ( $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ ) con la de los alquenos ( $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ) y por presiones externas a la situación no se percató del «error» que cometió. Es significativo considerar las palabras que el M.E escribió al final de cada ecuación química: «completa, motor», para la reacción que produce dióxido de carbono; e «incompleta, fogón» para la reacción que produce monóxido de carbono. Pareciera que el maestro estaba contextualizando y relacionando el fenómeno con lo que expresado por algunos maestros sobre las motos: «cuando la moto emite poco humo, su combustión es completa; y si produce mucho humo, su combustión es incompleta». A sabiendas de que en nuestro medio la palabra fogón significa cocinar con madera, posiblemente él relaciona la combustión de la madera, que en su mayor parte emite monóxido de carbono, con la combustión incompleta de la gasolina; y la palabra motor, con la combustión completa que sucede al interior de las motos.

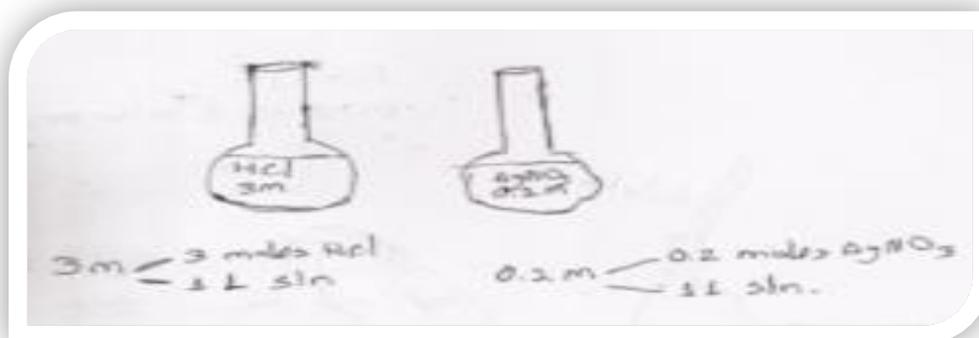
Este tipo de situaciones abstractas y complejas nos permiten reflexionar sobre qué queremos decir y qué queremos significar con lo que decimos o escribimos en el contexto de un fenómeno químico.



Esta premisa revela que el maestro trata de demostrar cómo se forman los contaminantes (el dióxido de plomo, dióxido de carbono y el dióxido de azufre), a partir de un compuesto que él mismo se inventó (2-plomo, 4-azufre octano) y realiza una fórmula química semidesarrollada como lo muestra la figura 9.

Hacemos énfasis en que la gasolina es una mezcla de hidrocarburos alifáticos derivados del petróleo, más unos aditivos como el azufre (S) y plomo (Pb); por tanto, los componentes no reaccionan químicamente. No obstante haber insistido en que la gasolina es una mezcla, el M.E realizó una representación de una sustancia pura (compuesto químico). El maestro debió representar esos contaminantes aparte y no dentro de la combustión del octano como lo muestra la figura 9.

En el desarrollo de la actividad experimental se les preguntó cómo representaban las soluciones de ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ). Frente a esto, se observó cierta duda en algunos participantes. Acerca de cómo representar lo observado, presentamos el argumento del M.C: «Bueno, cuando vi cómo se representa, no sabía ni qué hacer. Me fui por la parte matemática. Me puse a analizar, desarmar esa cuestión de las concentraciones: 3 molar, 3 moles, en un litro; en 5 mililitros podíamos pensar cuántos gramos habrían de ácido clorhídrico en esos... mililitros; pensé en eso, traté de hacer el cálculo, pero como no tengo calculadora aquí[...]» (M.C, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).



**Figura 10.** Representación macroscópica y simbólica del M.C sobre las soluciones de HCl y  $\text{AgNO}_3$

En su discurso, el M.C opta por una representación simbólica, para lo cual utiliza un lenguaje formal, en donde las matemáticas juegan un papel primordial para su explicación; es decir, busca deducir y razonar, a partir de la lógica formal, los componentes de la solución química; por tanto, se nota un carácter que obedece a posturas tradicionales, con el fin de explicar con certeza la conformación de las soluciones de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) y ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ). Al parecer, los cálculos que él realiza son el reflejo de la «realidad», aunque en la foto se puede observar que el maestro trata de hacer una representación diferente a la formal, pues dibuja una botella con la señal de un aforo; tratando de discriminar el estado en que se encuentran las soluciones, termina representando las sustancias con fórmulas químicas.

Por su lado, el M.B expresa: «profe, [hice] algo parecido al profesor, para aprovechar la misma idea; entonces hice unos cálculos más o menos; por ejemplo, donde pude explicar, dos molar, ¿cierto?, que es la que tiene nitrato de plata, son 2 moles por cada litro, pero como no me interesa un litro, sino tres mililitros, yo lo llevé a esa mínima parte diluida a tres mililitros en cuestiones de moles» (M.B, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

Es posible suponer que, en general, algunos maestros utilizan representaciones abstractas, formales, cuantitativas, difíciles de entender por una persona que se inicie en el estudio de la estequiometría. Por tanto, es necesario reflexionar en la integración de técnicas representativas cuantitativas y cualitativas, a la hora de explicar fenómenos químicos en la solución de problemas.

En nuestra opinión, los maestros hacen poco uso en sus prácticas la diversidad de representaciones de la materia, entre estas, las submicroscópicas, muy importantes para la flexibilidad del conocimiento y comprensión del mismo, porque solo se limitan a modelos matemáticos.

Recogiendo lo dicho hasta aquí, debemos reflexionar sobre el papel de las buenas razones en el devenir de los saberes y disciplinas, así como la pluralidad de teorías,



investigador dos intervino para pedirles representar a «a nivel molecular», lo cual desencadenó una serie de argumentos como los del M.F:

Bueno, desde lo micro represento la molécula a través de un enlace químico y los enlaces químicos puede uno trabajar, por ejemplo, la estructura de Lewis o por una fórmula estructural, semidesarrollada con las rayitas, enlaces covalentes y a nivel macro lo podemos representar referenciando cada elemento químico con una bolita de icopor con un elemento determinado y también lo represento una molécula a nivel macro o sea algo tangible, micro simbólicamente con los elementos químicos ya que en el papel . Y en tres D, con las bolitas de icopor organizada, pero también representando los enlaces químicos. (Actividad N°1: Lectura Crítica - Marzo 20 De 2015 El Mototaxismo un Problema Social y Ambiental en Caucasia.).

A la luz del enunciado del M.F apreciamos que no entra en concordancia con los niveles de representación propuestos por Johnstone (1991, 2000): el macroscópico, el simbólico y el submicroscópico en la química, en tanto manifiesta: —«lo puedo representar lo micro»— y explica un nivel simbólico a través de la estructura de Lewis y fórmula estructural; seguidamente, agrega: «lo macro» y explica como si fuera el nivel microscópico. Podría ser que el maestro no conoce estas formas de representación, tal como lo describe Johnstone, pero, por su experiencia en el tema hace uso de los tres niveles de representación sin percibirse del “error”.

Así mismo, observamos cómo el maestro trata de ir de lo abstracto y complejo de la química hacia lo concreto y simple, cuando dice lo represento “en 3D, con bolitas de icopor”, tratando de mostrar lo no observable y abstracto de los fenómenos químicos — como los átomos y moléculas—. Este tipo de representación posibilita hacer de la química una disciplina más comprensible y entendible para las personas que están empezando a estudiar los conceptos químicos y más cuando se hace en colectivo.

En este mismo marco de discusión, se puede señalar que algunos maestros no están familiarizados con la utilización del lenguaje gráfico para representar las partículas atómicas de las sustancias, e incluso dejan espacio para la duda, al manifestar no saber de qué otra forma representarlo, tal como lo expresa el M.C: «compañeros, cuando el investigador 2 nos decía “representenlo, representelo”, me iba a la fórmula molecular, un poco más allá a la estructura de Lewis, pues [...] me siento que me quedo corto, que lo

represento... de pronto uno lo entiende, pero un alumno no llegaría a pensar eso» (Actividad N°1: Lectura Crítica - Marzo 20 De 2015 El Mototaxismo un Problema Social y Ambiental en Caucasia.)

Visto así, el maestro utiliza en su explicación un nivel representacional simbólico a través de un lenguaje de fórmula; tal vez, el maestro confunde el nivel representacional microscópico con la fórmula molecular; es decir, se queda en un lenguaje de fórmulas químicas y no encuentra otra manera de representarlo. Es posible afirmar que el maestro estaba pensando en fórmulas y símbolos químicos, como si fuera el nivel microscópico de la materia, lo que refleja un pensamiento abstracto, complejo y simbólico, identificable en su esquema:



**Foto12.** Representación simbólica y microscópica del M.C sobre los contaminantes que produce la combustión de la gasolina.

Es valioso el aporte del M.E al manifestar: «aquí lo que uno está es modelando lo que creemos que se presenta». En este enunciado es viable dilucidar que el maestro toma distancia de posturas deterministas que consideran la verdad como absoluta y universal, y se acerca a perspectivas que dejan espacio para la duda, la crítica, la innovación intelectual y la pluralidad teórica.

Lo que aquí se suscita es una reflexionar acerca de cómo hacer para que ese lenguaje complejo y abstracto de la química, abigarrado de códigos y formatos sintácticos, sea comunicado de una forma clara y oportuna a quienes lo reciben.

Valga aclarar que en la segunda sesión ningún maestro hizo representación de tipo microscópico, en cuanto a los sistemas de soluciones del ácido clorhídrico (HCl) y nitrato

de plata ( $\text{AgNO}_3$ ). Es esta la razón por la que se les interrogó acerca de cómo representan esos sistemas a nivel molecular. Al respecto, los maestros dieron a conocer sus respuestas en lenguaje verbal y gráfico, pero, a pesar de la insistencia por parte de los investigadores, acerca de cómo representarlos a nivel molecular, algunos utilizaron en sus explicaciones un nivel simbólico por medio del lenguaje de fórmula, como se aprecia en el argumento del M.E:

Lo que pude hacer, por lo menos, representar cómo sería el comportamiento de las moléculas en las botellas donde están; o sea, primero hago una representación de lo que podría ser la representación de ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ), este colorcito como hidrógeno ( $\text{H}_2$ ) y este como el cloro, entonces, como el  $\text{HCl}$  es una molécula iónica [...] al hacer la solución (es lo que se conoce como soluciones electrolíticas), son electrolitos, entonces allí el azul señala una concentración de iones  $\text{OH}^-$  menos, que sería la parte del agua y iones hidronio ( $\text{H}^+$ ) y cloro ( $\text{Cl}^-$ ) que se encuentran disociados en esa solución tres molar. Más o menos, esa es la representación que hice, como para poder explicar qué podría estar sucediendo allí. (M.E, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).



**Figura 13.** Representación microscópica del M.E sobre las soluciones  $\text{HCl}$  y  $\text{AgNO}_3$

Prosiguiendo el análisis es evidente la intención del maestro en tratar de representar cómo sería el comportamiento de las moléculas dentro de la botella; para ello, él utiliza un lenguaje gráfico para representar las moléculas y dibujó esferitas como si fueran los átomos

de las sustancias que forman la solución. En relación con el lenguaje verbal y gráfico, posiblemente el maestro quiere comunicar el proceso de disociación del ácido clorhídrico y nitrato de plata en el agua.

Cabe señalar que el ácido clorhídrico no se ioniza al 100%, (fenómeno físico o químico mediante el cual se producen iones, con carga positiva y negativa), sino que tiene un cierto porcentaje de ionización, inducido por su polaridad; es decir, forman polos positivos y polos negativos, evento que lleva al maestro a confundirse, dificultad que se hace evidente en esta expresión: «el (HCl) es una molécula iónica», que da a entender la formación de iones. En suma, hay que ser muy cuidadoso con los principios y nociones de la química a la hora de comunicar y explicar algún fenómeno químico.

De igual forma, el dibujo que realizó no es potencialmente aplicable al proceso de disolución, porque representa los átomos aislados como si no existieran fuerzas de interacción entre las partículas de la solución. Lo dicho es posible constatarlo cuando el maestro, por una parte, esquematizó una sola esfera para representar el ion hidróxido, y, por otra, cada esfera separada como si no existieran fuerzas intermoleculares entre los átomos.

Del mismo modo, los códigos y las convenciones que utilizó no son las aceptadas por la comunidad científica, ya que la posible representación adecuada en el proceso de disolución se presenta cuando las moléculas de agua rodean los átomos de las otras sustancias; por consiguiente, se forma una sola fase.

Nuevamente, admitamos que el lenguaje y las representaciones juegan un papel importante en el proceso de explicación del fenómeno; de ahí, la necesidad de asumir conciencia acerca de cómo lo utilizamos en el acto comunicativo de los saberes.

Pues bien, mediante el siguiente argumento, es posible develar el carácter simbólico y tradicionalista del M.C, dado a través del lenguaje de fórmulas, cuando manifiesta cómo representaría a nivel molecular las soluciones de ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ): «bueno, yo hice algo parecido a lo que hizo el profesor maestro E, pero no lo hice con los gráficos ni con colores, si no con letras ( $\text{H}^+$ ) , ( $\text{Cl}^-$ ) disociado en el agua; lo mismo en el nitrato de plata, los iones de plata, los nitratos disociados en el agua;

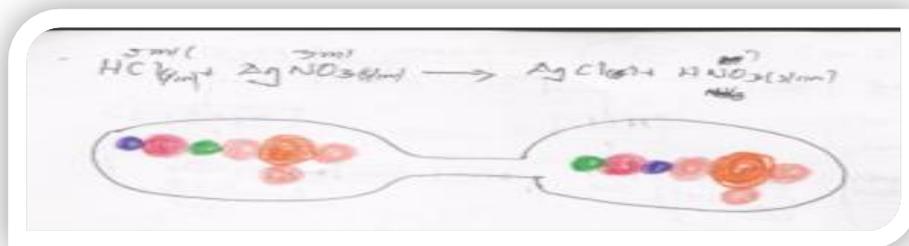
sencillamente lo representé. No sé qué más» (M.C, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).



**Figura 15.** Representación simbólica del M.C sobre las soluciones HCl y  $AgNO_3$

Quizás el maestro quiere decir que esas letras, como él lo expresa, son los átomos, iones o moléculas de las sustancias, y no encuentra otra forma de representarlo. En la gráfica se observa una botella con símbolos químicos con signos positivos, negativos y un aforo, queriendo mostrar que está en estado líquido. Da la impresión de que los iones que dibujó estuvieran flotando en el agua ( $H_2O$ ), ya que no representa la molécula de agua. Este carácter abstracto y complejo, posiblemente, puede provocar incompreensión y distorsión del conocimiento.

De igual forma, es importante destacar las representaciones microscópicas realizadas por los M.E y M.D, quienes utilizan esferitas para indicar los átomos que conforman las moléculas, tal como lo muestra la gráfica:



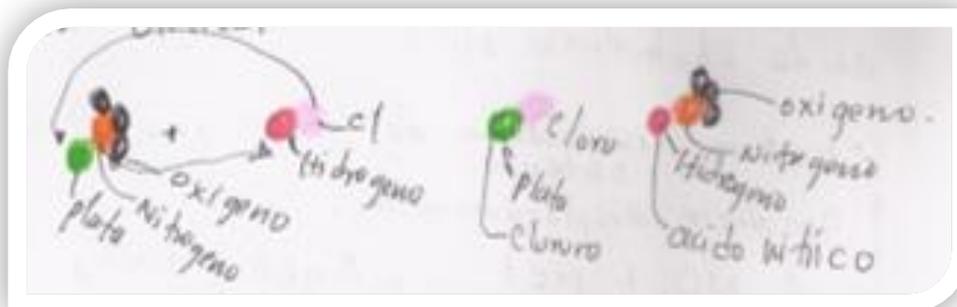
**Figura 16.** Representación microscópica del M.E sobre la reacción química entre HCl y  $\text{AgNO}_3$ .

En su enunciado el M.E expone: «yo había representado el ácido clorhídrico como esta estructura —y señala dos bolitas— que al unirse con el nitrato de plata lo que se produce es un reordenamiento de las moléculas, cambian de posición, donde está el cloruro de plata; entonces, con el ácido nítrico, el hidrógeno pasa para acá, desplaza a la plata, y la plata en el cloro. Eso fue lo que sucedió» (M.E, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

La palabra reordenamiento, que utilizó el maestro, puede traer en un momento dado confusión e incompreensión, puesto que no es sinónimo de desplazamiento (fenómeno mediante el cual un átomo más reactivo sustituye a otro en una reacción química). Así mismo, en la gráfica, valga la reiteración, se observa que el participante no separó las moléculas que graficó a nivel molecular o microscópico, lo cual no concuerda con la ecuación química que realizó, por cuanto los reactivos y productos están separados por un signo (+); aquí se observa desplazamiento en los átomos representados por la ecuación química.

En cuanto a las explicaciones de los fenómenos químicos, hay que tener mucho cuidado con lo que se expresa, se escribe y se grafica, porque puede incurrir en imprecisiones en la comunicación de los conceptos, nociones y principios de la química.

En la misma dinámica, el M.D trata de dar una explicación del fenómeno, al representarlo microscópicamente como observamos en la gráfica:



**Figura 17.** Representación microscópica del M.D sobre la reacción química entre HCl y  $\text{AgNO}_3$

Pero, en su argumento utiliza expresiones muy categóricas como las siguientes:

Lo que vemos, exactamente, lo que ocurre, es una reacción de doble desplazamiento, ¿cierto?, donde se obtienen los dos compuestos que es cloruro de plata y el ácido nítrico; entonces lo que uno mira es cómo se forman allí las moléculas, cómo se intercambian y cómo se forman cada una; de pronto esa es una forma de uno ayudar e implementar en los muchachos, porque ellos con el colorcito, de pronto se animan; “para dónde se fue este”, “para dónde se vino este”, “mira, que este se quedó allá, y el otro se quedó acá”; entonces es mirar una nueva forma de llegarle más rápido, que uno decirle por los elementos, que eso [...], de pronto, [...] está lejos de ellos; entonces es una forma más fácil de enseñar. (M.D, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

Del gráfico de la figura 18, es posible inferir que el M.D trata de representar el fenómeno como si fuera una reacción de doble desplazamiento; es decir, aquellas en donde dos elementos que se encuentran en compuestos diferentes y en solución acuosa, intercambian posiciones, formando dos nuevos compuestos. Para tal propósito, utiliza esferas en diferentes colores que representan cada uno de los elementos que hacen parte de los compuestos en los reactivos, los cuales, en el proceso de reacción, se combinan de forma diferente y dan lugar a lo que, al parecer, serían los productos. Pero, apreciamos que faltan algunos códigos como el signo (+) que separa los productos y la flecha ( $\rightarrow$ ), que se lee «produce», utilizada para indicar el estado final de la reacción. Por otra parte, percibimos que en su argumento, el maestro comunica al grupo el beneficio de utilizar

esferas para representar las reacciones químicas tal vez, estas posibilitan la comprensión del fenómeno de una forma más fácil para alguien que se inicia en el tema.

Estamos de acuerdo con el M.D en que este tipo de representaciones microscópicas con esquemas de partículas nos pueden facilitar la comprensión de los fenómenos químicos, especialmente cuando queremos comunicar o explicar las nociones, conceptos o principios de la química, cuando la mayoría de las veces se enseña de una manera abstracta por su carácter simbólico. Por consiguiente, las dificultades de comprensión de los fenómenos químicos, posiblemente se deben a problemas de comunicación entre los maestros y los aprendices, por su carácter representacional simbólico y abstracto del conocimiento químico, mediado por un lenguaje técnico incomprensible.

Un argumento más que vale la pena analizar es el del M.E:

Bueno, yo hago la relación molar; si yo utilizara 3 mililitros del uno y tres mililitros del otro, se utilizaron tres mililitros de (HCl) al 3 molar y ahí lo que está reaccionando son 0,15 moles por 0.006 moles de nitrato de plata, que tiene 3 mililitros. Ahora, si yo tomo 3ml, 3 ml de (HCl), eso me daría 0,009 moles de (HCl), obviamente estarían reaccionando esos 0,009 me estarían reaccionando con 0,036 moles del nitrato de plata, que serían los que producen el cloruro de plata. El resto de nitrato de plata que no reacciona debe precipitar, no sé; es mi percepción.

En esta representación se observa cómo el M.E realiza cálculos cuantitativos para poder explicar la reacción química entre el ácido clorhídrico y el nitrato de plata, cuando se utiliza la misma cantidad de sustancia. El maestro entiende como igual cantidad de sustancia, el volumen del (HCl) y ( $\text{AgNO}_3$ ), con las concentraciones 3 molar y 0,2 molar, y, al parecer, trata de hallar los moles a partir de los 3 ml de cada concentración de sustancia, lo cual lo lleva a inferir que hay un reactivo límite y uno en exceso; luego expresa que el resto de nitrato de plata que no reacciona debe precipitar, es decir, formar un sólido que va al fondo del tubo de ensayo y se produce por efecto de la reacción química.

En relación con lo anterior, es posible apreciarlo cuando así lo declara: «el resto de nitrato de plata que no reacciona, debe precipitar», el que debe precipitar es el cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ), porque es un sólido insoluble en agua no el nitrato de plata. Este «error» que cometió el maestro podría darse por situaciones externas que en el mismo momento de la

dinámica influyó en la respuesta del maestro, ya que más tarde, en esta misma discusión, recapacita y se da cuenta de la dificultad.

En este mismo sentido, es muy valioso el aporte del M.B cuando comenta: «profe, teniendo en cuenta la conservación de la materia, la materia no se destruye, se transforma y, así, se puede decir también que de la energía[...] se aplica la conservación de la materia. Todos los reactivos, los que sobren o no tienen que aparecer en la reacción, deben aparecer en la reacción» (M.B, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

Es posible imaginar que el M.B quiere expresar que en «realidad» existen restricciones entre el lenguaje verbal y el de fórmula o, más bien, entre las representaciones macroscópicas, microscópicas y la simbólica, lo cual percibimos en esta expresión: « [...] ahí se aplica la conservación de la materia. Todos los reactivos, los que sobren o no tienen que aparecer en la reacción, deben aparecer en la reacción».

Acerca de lo dicho, notamos que el M.B busca mostrar la importancia de reflejar las sustancias involucradas en una reacción química, tanto a nivel macroscópico como microscópico; es decir, si en la reacción «existe» reactivo en exceso, este debe aparecer en la ecuación química y no omitirse o darse por entendido que allí está. Por lo tanto, es interesante realizar representaciones de tipo microscópicas, con el fin de dar cuenta del proceso de reacción, al iniciar y finalizar y así poder observar qué sustancia queda en exceso. De esta manera, la explicación del conocimiento científico, en cuanto al mecanismo de una reacción química, podría resultar más fácil de comprender.

Es factible inferir que algunos maestros utilizan un solo nivel de representación de la materia, especialmente, el nivel simbólico, ya que a través de las diferentes actividades algunos participantes manifestaron no saber de qué otra manera representar los fenómenos químicos; otros siempre representaban los fenómenos de manera simbólica a través de un lenguaje de fórmulas. Esto podría ser una de las causas de las dificultades de comprensión y de entender los procesos estequiométricos y de la química en general.

En atención con lo expuesto, opinamos que tal vez las dificultades que manifiestan algunos de los maestros participantes, en cuanto a los procesos representacionales, se deben a la falta de claridad en relación con el concepto de representación, tal como lo podemos apreciar en las respuestas de algunos maestros, de acuerdo con la siguiente pregunta:

¿Usted considera que construir conocimiento es lo mismo que representarlo? Justifique su respuesta (Cuestionario, mayo 14 de 2015).

En esta línea, el M.C responde: No, porque aunque tengamos el conocimiento, no significa que yo sepa representar o explicar»; de igual forma, el M.B expresa: «construir conocimiento está por encima de representar conocimiento; es superior, construirlo»; en el mismo sentido, el M.E manifiesta que «no es lo mismo, porque construir conocimiento es buscar las herramientas o medios para que se dé un aprendizaje significativo y dentro de esa dinámica de producir conocimiento se puede valer de las representaciones como una estrategia más».

Por consiguiente, es admisible inferir que los maestros consideran que construir conocimiento y representarlo es diferente; bien puede pensarse que para ellos representar es una estrategia relacionada con la utilización de esquemas o gráficos, usados en la construcción del mismo; pero, sabemos que el conocimiento se exterioriza a través de las técnicas de representación; por tanto, no habría diferencia.

De la manera como los maestros conciben la representación del conocimiento pueden derivar las incomprendiones relativas a los procesos químicos, en virtud de que ellos no son conscientes que también pueden construir conocimiento, y que es esa dinámica la que debe primar en el aula para que los estudiantes puedan comprender las ciencias. Así, son las mismas formas tradicionales de concebir la construcción del conocimiento, las que influyen para que los maestros piensen como transmisores de información.

Y en cuanto a la pregunta, a nivel de cada disciplina se manejan diferentes convenciones; en este caso, en química utilizamos muchas que nos permiten representar; por ejemplo, las que utilizamos para representar las sustancias. Mencione las utilizadas por usted para construir conocimiento (Cuestionario, mayo 14 de 2015). A propósito, analizamos algunas de las respuestas dadas por los maestros.

El M.E responde: «mapas conceptuales, diagramas de flujo, dibujos, símbolos, fórmulas y ecuaciones». Por su parte, el M.F dice: «utilizo la representación gráfica modelados en 3D, observación directa de fenómenos». A pesar de que en sus respuestas menciona algunas de las convenciones como los «símbolos, dibujos, fórmulas», también

hace referencia a «mapas conceptuales y diagramas de flujo». En esta misma dirección, el maestro F comenta que usa «gráfica modelados en 3D, observación directa de fenómenos».

Arriesgamos a decir que los maestros están confundidos o les falta claridad en cuanto a las convecciones aceptadas para representar los fenómenos químicos. Sabemos que algunas convecciones frecuentes; por ejemplo, las que se usan en una ecuación química como: un triángulo, que indica calor; la flecha en un solo sentido, que indica produce; reacción, es irreversible; o la flecha con doble sentido que sirve para demostrar un equilibrio en la reacción, por lo tanto es reversible; letras como subíndice que se ponen para indicar el estado en el que se encuentran las sustancias usadas para darle significado a las representaciones de cada fenómeno químico.

Ahora bien, los mapas conceptuales y diagramas de flujo no son considerados convecciones, sino técnicas que permiten comprender un fenómeno o conocer el proceso y el resultado del mismo.

Cabe considerar que compete a los maestros tener claridad en relación con cuándo y cómo usar los códigos para hacer representaciones de los fenómenos químicos, pues estos le dan sentido al discurso químico y permiten la comprensión del mismo de forma apropiada. Sería prudente, entonces, tener cuidado para hacer una representación del fenómeno en estudio, de la manera más pertinente posible, y no dar por entendido que quien escucha ya comprende.

## **5.2. Características epistémicas**

En un segundo momento, analizamos la categoría relacionada con las características epistémicas que utilizan los maestros al momento de construir el conocimiento. En virtud de lo ya dicho, en esta investigación éstas se definen como todas aquellas cualidades relacionadas con la actividad de producción del conocimiento científico que ocurre cuando los maestros, de forma individual o en colectivo, hacen uso de teorías y datos para hacer afirmaciones, relaciones, descripciones, reflexiones y conclusiones de un fenómeno en particular, en este caso la estequiometría.

Estas características epistémicas entran en estrecha relación con la dinámica de construcción del conocimiento científico, allí donde se privilegian procesos como argumentar, discutir, razonar, criticar, justificar ideas (Henaó y Stipcich, (2008); es decir, se le confiere lugar a la interacción social.

Dispuesto de esta manera, consideramos pertinente analizar algunos enunciado en los cuales percibimos la utilización de ésta categoría en la construcción del conocimiento científico, por parte de los maestros.

A continuación, recordamos las cualidades inherentes a cada una de las características epistémicas elegidas en nuestra investigación, tomadas de Federico y Jiménez (2005) y Sampson & Clark (2008). Algunas fueron modificadas para nuestro estudio con el fin de analizar las dinámicas argumentativas en la construcción de conocimiento científico.

En un primer momento, la característica que a continuación detallamos.

### **5.2.1. Relacionar/conectar predicciones o datos del problema con datos no citados o mencionados en la documentación**

Esta característica se manifiesta cuando los maestros relacionan conceptos teorías, leyes, principios, fórmulas, códigos, valores numéricos y convenciones, para predecir consecuencias del fenómeno estudiado (Federico y Jiménez 2005). Dentro de esta perspectiva, destacamos el siguiente enunciado: «Lo que pasa es que si partimos de los compuestos orgánicos, todo compuesto orgánico cuando sufre una combustión se transforma en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) mas (+) agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sea mezclado o sea puro» (M.E, Actividad N°1, 20 de marzo, 2015).

El maestro hace una reflexión sobre el comportamiento químico (reacciones químicas), es decir, la forma como reaccionan las sustancias. En este caso, la combustión se lleva a cabo entre un compuesto orgánico (hidrocarburo alifático) con el oxígeno. En relación con la expresión: «Todo compuesto orgánico cuando sufre una combustión se transforma en dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) mas (+) agua ( $\text{H}_2\text{O}$ ) sea mezclado o sea puro», percibimos que el maestro está haciendo referencia a los hidrocarburos alifáticos, los cuales

son compuestos orgánicos formados por los elementos carbono e hidrógeno y en ellos se encuentra el octano ( $C_8H_{18}$ ), principal componente de la gasolina.

Apreciamos que el M.E, para construir su argumento, utiliza conceptos que no son suministrados en la lectura ya anunciada: compuestos orgánicos, mezcla, pureza y los conecta con conceptos que él posee, tales como: dióxido de carbono ( $CO_2$ ), combustión; por lo tanto, presumimos que de esta forma, al utilizar la información el M.F, se aparta un poco de esa perspectiva de repetir literalmente lo que se lee y se acerca a procesos sociológicos de orden epistémicos en los que se privilegian mecanismos que permiten la comprensión de los fenómenos estudiados de una forma relevante y significativa.

En este mismo orden de ideas, examinamos el enunciado del M.F, el cual se origina en la pregunta: ¿cómo se evitaría la formación del gas más tóxico? Recuérdese que en discusiones anteriores los maestros participantes llegaron a la conclusión de que el gas más tóxico es el monóxido de carbono (CO), que se obtiene por la combustión incompleta que realizan las motos, esto es, cuando no hay el suficiente oxígeno para reaccionar con el compuesto orgánico octano, ( $C_8H_{18}$ ).

A continuación, el enunciado que brinda el M.F: «yo me imagino que eso es lo que tienen las motos, las motos de cuatro tiempos, que adicionan más oxígeno; eso... y lo otro son los aditivos que se le adiciona a la gasolina; por ejemplo, la extra, que es más eficiente y eso hace que sea más completa». Si de predecir se trata, con este argumento el M.F está haciendo referencia al mecanismo de combustión que hacen las motos cuatro tiempos, mecanismo más eficiente que el de las motos dos tiempos; por eso, su combustión es completa por lo que se produce el dióxido de carbono ( $CO_2$ ), menos tóxico que el monóxido de carbono (CO); además de algunos aditivos que le adicionan a la gasolina extra que ayuda a una mejor combustión.

Desde esta mirada, el M.F utiliza información de la misma lectura, la organiza en su discurso para dar a entender que el sistema de combustión de las motos cuatro tiempos es eficiente y ayuda a prevenir la contaminación por los gases monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ). Este tipo de situaciones hace que el maestro continúe con sus dinámicas tradicionales; en otras palabras, no dan cabida a la crítica, el debate y las refutaciones.

En esta misma vía, encontramos en la actividad N°3 algunos argumentos en los que se refleja una conexión entre la información suministrada, con la que el M.E ya posee acerca del tema y la relaciona de manera organizada para construir un discurso coherente del fenómeno en estudio. A la pregunta ¿se podrá calcular la cantidad del reactivo en exceso necesario para neutralizar la intoxicación con metanol?, ¿cómo lo harías?, esto es lo que responde: «Y si lo hacemos a la manera como lo planteamos aquí, el ácido fórmico (HCOOH) más bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>) produce metanoato de sodio (HCOONa) más el ácido... Tendríamos que conocer, entonces, la densidad del... Para conocer el volumen que tengo aquí, estequiométricamente, para manejarlo en término de volumen, mirar el volumen que injirió, y qué volumen de él se puede necesitar para que sea...» (M.E, Actividad N°3, videoforo, 8 de abril, 2015).

En el enunciado que el maestro utiliza, apreciamos información no brindada en la lectura; por ejemplo: «Tendríamos que conocer, entonces, la densidad del...» y «Para conocer el volumen que tengo aquí». El término densidad y volumen son conceptos que no fueron dados, pero que son importantes para poder organizar el discurso. Es probable que el maestro, con estos dos conceptos, esté invitando a los colegas a realizar cálculos cuantitativos estequiométricos, porque, al parecer, existe una relación entre estos conceptos que le permite al M.E conocer el reactivo en exceso. Luego afirma que no es posible conocer el reactivo en exceso si no tenemos la densidad y el volumen del metanol (CH<sub>3</sub>OH).

En este mismo sentido, apunta el argumento del M.E: «Entonces, entraríamos a explicarle, mirar los conceptos de base conjugada, de ácido conjugado; cuando un ácido se comporta como una base, cuando una base se comporta como un ácido conjugado, y cuando un ácido se comporta como una base conjugada en los procesos, tendría que saber la cuestión de equilibrio químico, de soluciones electrolíticas y no electrolíticas, solvatación» (M.E, Actividad N°3, videoforo, 8 de abril, 2015).

Recordemos que este argumento nace después de una larga discusión sobre el proceso de neutralización, el cual hace referencia a la reacción que se lleva a cabo entre una sustancia ácida y una básica, para producir sal más (+) agua. En este caso, la que

experimenta el metanol, sustancia orgánica conformada por los elementos carbono, hidrógeno y oxígeno- ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) con el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ).

Es evidente que el maestro utiliza la información brindada y al mismo tiempo incluye en su discurso conceptos que no están en la información como base conjugada, ácido conjugado y equilibrio químico, de soluciones electrolíticas y no electrolíticas, solvatación, nociones claves para organizar su argumento y brindar una explicación. Este tipo de relaciones permiten hacer apreciaciones críticas del fenómeno en estudio y sugerir cambios en los modelos de aplicación de las ciencias.

En la misma línea de Henao y Stipcich (2008) compartir significados y, al mismo tiempo, tener la capacidad de seleccionar teorías con mayor poder explicativo que conlleven a asumir posturas críticas, hacen de las dinámicas de construcción de conocimiento un proceso reflexivo y social.

Traemos una segunda característica que nos ocupamos de detallar.

### **5.2.2. Identificar/describir características del fenómeno referidas a datos cualitativos o cuantitativos**

En esta subcategoría están incluidos todos aquellos procesos en los que los maestros identifican o describen características físicas o químicas, que se relacionan con datos cualitativos o cuantitativos del fenómeno en estudio (Federico y Jiménez, 2005).

En atención a lo expuesto, notamos que esta fue una de las características epistémicas más exploradas por los maestros participantes, en cuanto a la relación de datos cuantitativos. Esto se debe, tal vez, a la cotidianidad de utilizar los datos cuantitativos en la resolución de situaciones-problema relacionados con el tema de estequiometría. Veamos en los siguientes argumentos.

Argumento del M.F: «Bueno, hay que hacer bien los cálculos, para poder decir, porque estamos hablando de supuesto, porque para poder verificar hay que hacer bien los cálculos, cuánto de esto reacciona, cuánto voy a obtener, si al final me quedan tres sustancias; si es con reactivo límite, me van a quedar tres sustancias en el producto; entonces debo hacer los cálculos para poder justificar eso». (M.F, Actividad N°2, actividad

experimental, 26 de marzo, 2015). Es observable que el maestro hace una aclaración, cuando dice: «Bueno, hay que hacer bien los cálculos»; al parecer, está invitando a los demás maestros participantes a realizar los procesos cuantitativos para poder decir con claridad cuál es el reactivo límite de la reacción entre el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) y el ácido clorhídrico ( $\text{HCl}$ ) y no hablar de «supuestos» como él mismo lo expresa.

En estas condiciones, se evidencia una posición categórica en la representación del maestro cuando manifiesta que para poder verificar, hay que hacer bien los cálculos; por consiguiente, en su discurso él busca verdades en las abstracciones matemáticas, allí donde los cálculos cuantitativos son el reflejo de la «realidad» de dicho fenómeno. Por medio de estos algoritmos matemáticos, trata describir las características del fenómeno en estudio, lo cual obedece a una perspectiva tradicionalista para explicar los procesos químicos.

Otro es el argumento del M.E, a la pregunta: ¿por qué el bicarbonato de sodio debe estar en exceso?: «Al hacer los cálculos estequiométricos de acuerdo a [sic] la reacción del ácido con el bicarbonato, allí sabemos qué cantidad de bicarbonato» (Actividad N°3: vídeo foro- abril 8 de 2015). Su explicación refleja la complejidad y la abstracción que utilizan los maestros cuando resuelven situaciones relacionadas con la estequiometría: hacen uso de cálculos cuantitativos con un lenguaje de fórmulas, lo que podría estar afectando la comunicación y el entendimiento en este tema tan particular. Así mismo, el maestro E, en su aseveración, trata de describir lo ocurrido en forma cuantitativa.

En este sentido, es una explicación corta basada solamente en números y fórmulas, lo que en un momento dado no da cuenta de las cualidades que caracterizan el fenómeno. No obstante, aunque los cálculos cuantitativos son parte inherente de los procesos químicos y, en particular, de la estequiometría, estos deben ser explicados por medio de los aspectos cualitativos; es decir, todas las cualidades que caracterizan al fenómeno en estudio y que le dan sentido, para así poder ser comprendido con facilidad y asimilado significativamente por quienes reciben la explicación.

En contraste con los argumentos anteriores, encontramos la respuesta cualitativa del M.C; a la pregunta: ¿qué sucedería, si se hacen reaccionar igual cantidad de sustancia de ácido clorhídrico y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ )?, el maestro responde: «Una molécula de

(HCl) y dos moléculas de la otra, ya allí hay reacción; se debe producir un mol de sustancias» (Actividad N°2: actividad experimental marzo 26 de 2015).

Del argumento anterior se puede deducir que teniendo en cuenta la estequiometría de la reacción (1:1) es posible que el maestro haya realizado una relación estequiométrica de lo que observó cualitativamente y quiera dar a entender que las dos sustancias diferentes en este caso ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), se unen en unas proporciones determinadas (1:1) y dan origen a un producto diferente. Lo anterior puede significar que el maestro está pensando en la relación: por cada mol de nitrato de plata se produce un mol de cloruro de plata, quedando en exceso el nitrato de plata.

Se puede decir que al explicar el fenómeno con la información cualitativa, el maestro abre un espacio de discusión que permite la duda, la reflexión, la crítica y la construcción del conocimiento en colectivo.

También es posible que el M.C, al afirmar que reaccionan iguales cantidades de moles o moléculas, aclara que no hay reactivo límite ni en exceso, porque cumple la relación estequiométrica.

Por consiguiente, el M.F hace una interpelación y argumenta: «sí, pero puede haber una sustancia que parte de los reactivos que no reacciona y otro que se agota completamente». Puede ser que el M.F está invitando a los demás maestros a hacer los cálculos para poder definir cuál es el reactivo límite; es decir, ese que se consume primero. Para hallar el reactivo límite, los maestros deben reconsiderar varios conceptos, para citar: moles, masa molecular y balanceo de ecuaciones.

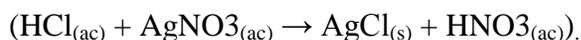
Ante estas, consideramos que el maestro estableció una relación pertinente de todos estos conceptos para encontrar, de modo cuantitativo, cuál sería el reactivo que se agotaba primero. Contrariamente, el argumento carece de explicaciones cualitativas que permitan una explicación más clara acerca del por qué hay un reactivo que se agota primero.

A la luz de lo dicho, es interesante reflexionar sobre la integración de estos dos tipos de situaciones que hacen parte de las explicaciones científicas, esto es, los aspectos cualitativos y cuantitativos, para lograr una mejor comprensión de los fenómenos estequiométricos.

Al argumento anterior, allegamos la respuesta del M.B: «hablando de cantidades, hay mucha formas de interpretarlo; yo puedo tener dos cantidades de dos moles cada una, pero no tengo igual peso; y si tengo igual peso, no tengo igual cantidad de moles, porque son sustancias diferentes; entonces, una de las dos se agota primero, eso es verídico» (Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

Es factible que el maestro desee expresar que en una ecuación química balanceada, se puede deducir diferente información, tanto cualitativa como cuantitativa, expresada en moles, moléculas, masa, así como volúmenes, si están implicados gases. Ahora, si se tiene igual cantidad de moles en los reactivos, como por ejemplo, dos moles de ácido clorhídrico (HCl) reaccionan con dos moles de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) para producir dos moles de cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ), más dos moles de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ).

En estas condiciones, no hay reactivo límite ni en exceso, siempre y cuando se interprete en términos de moles, porque la relación estequiométrica es uno a uno (1:1), lo cual quiere decir que por cada mol de ácido clorhídrico reacciona una mol de nitrato de plata para producir una mol de cloruro de plata, más una mol de ácido nítrico, como se deja ver en la siguiente ecuación química balanceada:



Hay que mencionar, además, la respuesta del M.B, para una mejor comprensión de lo que estamos tratando. «si tengo igual peso, no tengo igual cantidad de moles, porque son sustancias diferentes»; posiblemente, se está refiriendo a la masa en gramos, que es diferente al concepto de peso, ya que este hace relación a la medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto. De esta forma, si las proporciones se expresan en masa, se debe leer en términos de gramos, que es la unidad indicada para la masa, y no resulta igual, que al expresarlo en moles, ya que se obtiene una relación diferente de uno a uno (1:1). En ambos casos es necesario establecer cuál es el reactivo límite.

A pesar de que el maestro utiliza una explicación cualitativa a través de un lenguaje verbal, es muy densa, compleja y abstracta, si se le compara con las nociones y principios que la estequiometría utiliza.

Cabe considerar que a pesar de la complejidad que presenta el argumento, se presta para el debate, la reflexión y la construcción de un mejor discurso que permita la explicación del fenómeno en estudio de una forma diferente; por lo tanto, podemos considerar que esta manera de ver y analizar los procesos químicos, en especial los estequiométricos, se aparta de la forma tradicional en la que prima la repetición de ejercicios rutinarios para mecanizar el procedimiento, sin cuestionamiento alguno.

Hecha la acotación anterior, proseguimos el análisis, para lo cual detallamos una tercera característica.

### **5.2.3. La utilización de datos para apoyar ideas y dar sentido al fenómeno que se estudia.**

Esta subcategoría se revela cuando el maestro hace uso de datos para justificar una conclusión o una explicación del fenómeno en estudio (estequiometría). Además, se caracteriza por la utilización de términos o frases como «eso es lo que yo pienso» o «no tiene sentido», «los datos que encontramos sugieren que...» o «Nuestra evidencia indica...», «a mí manera de ver», «yo considero», «yo lo que pienso», entre otras, frases, que denotan que el maestro como experto de la disciplina las utiliza para proteger sus argumentos ante las opiniones de los demás (Sampson & Clark, 2008).

Siguiendo el curso del análisis, cabe considerar los siguientes argumentos a diferentes preguntas, en los cuales percibimos las expresiones antes mencionadas. Por ejemplo, a la pregunta ¿cómo se evitaría la formación del gas más tóxico? (Actividad N°1, 20 de marzo, 2015), el M.F proporciona el siguiente argumento: «Yo, me imagino, que eso es lo que tienen las motos, las motos de cuatro tiempos, que adicionan más oxígeno, [...] lo otro son los aditivos que se le adicionan a la gasolina; por ejemplo, la extra, que es más eficiente y eso hace que sea más completa, [...]».

Con la expresión «yo me imagino», el maestro expone su punto de vista sobre lo que, cree, sucede con el fenómeno de combustión (gasolina) en las motos de cuatro tiempos; por otro lado, es posible que con la misma expresión no cierra la discusión, ya que ese es su punto de vista y no una afirmación; por lo tanto, esta expresión invita a la reflexión, a la

crítica y el debate. Para su justificación, el M.F se apoya en un dato —asumimos los datos como informaciones, magnitudes, cantidades, relaciones o testimonios que permiten llegar a la solución de un problema o a la comparación de un enunciado (Jiménez, 2010)—, para el caso, la combustión completa de la gasolina, la cual se produce cuando hay mayor concentración de oxígeno. El dato anterior le sirve al maestro para comparar y concluir que, por este motivo, la combustión de la gasolina en las motos cuatro tiempos es más eficiente que las motos dos tiempos, y aún más si se le agregan aditivos.

Es importante indicar cómo el M.F hace uso del dato para sustentar su aseveración, sin uso de pruebas empíricas; al parecer, se basó en la ecuación química de la combustión completa de la gasolina, y en su experiencia con las motos de cuatro tiempos. En efecto, es posible considerar la utilización de los datos para apoyar ideas como una característica epistémica en la construcción del conocimiento que permite, de un lado, acercarse a la comprensión de los fenómenos químicos; de otro, darle sentido a lo que se estudia.

En esta misma perspectiva, nos aproximamos al argumento del M.E, por cuanto justifica por qué el bicarbonato de sodio es uno de los compuestos utilizados para neutralizar la intoxicación por metanol. «Yo lo miro desde lo que ya hemos hecho aquí; ya como construyendo, porque el bicarbonato de sodio actúa como una base en la reacción con el metanol en oxidación, transformando parte de este en otra sal, no tan tóxica para el organismo, y en otro ácido en solución menos peligroso, recojo todo lo que he dicho aquí» (Actividad N°3, videoforo, 8 de abril, 2015).

En relación con el argumento anterior, es posible mostrar como el maestro evoca datos como el del bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ). Este compuesto tiene la facultad de actuar como ácido y como base, por su capacidad de donar y recibir protones; al donar protones, se considera como ácido y, al aceptarlo, como base. En este caso, el proceso de neutralización ocurre con el ácido metanoico, ( $\text{HCOOH}$ ), producto de la oxidación del metanol en el organismo; el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) actúa como base, dando como producto una sal que no es tóxica para el organismo.

Los datos usados se consideran una estrategia para sustentar, predecir y refutar una afirmación, dándole sentido a la explicación, con la intención de lograr una mejor comprensión y apropiación de los fenómenos químicos, sin necesidad de buscar o hacer

pruebas experimentales. Este tipo de situaciones permite desencadenar procesos epistémicos, esto es, discusiones, acuerdos o contradicciones que a veces no son tenidos en cuenta en la construcción del conocimiento, ya que desde una perspectiva positivista son consideradas como situaciones externas, por tanto, ajenas al fenómeno de estudio.

En concreto, hay que apuntar a una dinámica de construcción del conocimiento más flexible y crítica en donde el lenguaje y la comunicación jueguen un papel primordial en su construcción. Siguiendo con este orden, abordamos la cuarta subcategoría.

#### **5.2.4. Aspectos del lenguaje de las ciencias para comunicar ideas que hacen referencia al uso adecuado del lenguaje científico por parte de los maestros**

Esta categoría se refiere a la utilización de términos específicos del área (por ejemplo, reacción química, compuestos, productos, reactivos, etcétera) en la construcción de un discurso coherente, que permita la comunicación y comprensión del fenómeno en estudio (Sampson & Clark, 2008).

Ahora bien, aproximándonos a las cualidades que debe reunir el discurso químico, tenemos en cuenta los siguientes argumentos de los maestros participantes, los cuales surgieron durante las actividades, en las tres sesiones.

Para iniciar, abordamos la intervención del M.E: «Yo me hago a la idea, sobre qué carbono estaría el azufre (S) pegado dentro del octano ( $C_8H_{18}$ ) y sobre qué carbón (C) estaría el plomo (Pb) pegado; yo me lo estoy imaginando así: montando el azufre (S) en esta parte del carbono (C) y el plomo (Pb) en esta parte y hago la reacción, pero desde la fórmula estructural» (M.E, Actividad N°1, 20 de marzo, 2015).

No obstante, apreciamos que el M.F usa términos como: «pegado», «montando» para construir su explicación acerca de lo que, posiblemente, cree que ocurre en la combinación del azufre, el plomo con los componentes de la gasolina (octano,  $C_8H_{18}$ ) y (hexano,  $C_6H_{14}$ ). Es de anotar que la química, como disciplina científica, tiene un lenguaje y terminología específica que permite una mejor construcción del conocimiento, en este caso, percibimos que el maestro con los términos arriba mencionados quiere significar unido o enlazado, que es el término más adecuado, para hacer referencia a enlaces químicos, que es

la forma como los elementos se unen unos con otros para formar compuestos o estructuras más estables.

Nos aventuramos a decir que más que desconocimiento del lenguaje técnico de la química por parte del maestro, es una cuestión cultural al utilizar un lenguaje coloquial, sin tener conciencia de que estamos causando problemas de incomprensión al momento de difundir la información, lo que, a la postre, también puede causar la apropiación de conceptos inadecuados. Para ilustrar lo dicho, traemos el enunciado del M.B:

Profe —dirigiéndose al investigador 1— para no llegar como a cálculos precisos, si no como llevar la idea, entonces yo podría decir que tengo dos tubos de ensayo;, en el primer tubo de ensayo tengo tres mili ... minimoléculas, milimoles, mejor; de ellos tomo 5 mililitros y para el nitrato de plata también; yo tendría dos minimoles y se diluyen hasta 5 mililitros... 3 mililitros que piden allí, esos milimoles corresponden al cálculo correspondiente, ¿cierto? (M.B, Actividad N°2, actividad experimental, 26 de marzo, 2015).

En este enunciado, con los términos milimoles, minimoles y minimoléculas, es probable que el M.B quiera comunicar cantidades muy pequeñas de sustancia. Pero, al utilizar esta terminología, descontextualizada del lenguaje químico, podría ocasionar incomprensión del evento en las personas que reciben el discurso. El término adecuado entre la comunidad científica es moles y moléculas. En el caso de mol se define como la cantidad de sustancia que contiene el mismo número de partículas que los átomos contenidos en exactamente doce (12) gramos de carbono 12 y, molécula es considerada como un grupo de átomos, iguales o diferentes, que se mantienen unidos formando un sistema estable, con propiedades y características. Por lo tanto, estas equivalencias, «mili» y «mini», que expresa el maestro, pueden generar confusiones e interpretaciones inadecuadas.

Llegados a este punto, abordamos el quinto momento.

#### **5.2.5. Los aspectos relacionados con el respeto de lo que cada uno tenía que decir**

Esta característica tiene como punto nodal el respeto de las ideas, opiniones o conceptos que el otro expresa y se materializan a través de expresiones como: «es un buen punto»,

«una idea interesante» o «yo no había pensado en eso». En suma, consiente la presentación de las ideas individuales, sin censura (Sampson & Clark, 2008).

Teniendo en cuenta las cualidades que se presentan en esta característica epistémica, traemos, para la discusión, los siguientes argumentos. El M.C opina: «pues, como decían, como han dicho varios, para remplazar un transporte público, cuántas motos se necesitan; digamos, para remplazar un bus se necesitan diez o veinte motos, entonces, está aumentando la cantidad de CO<sub>2</sub> y CO en el ambiente, porque veinte motos van a producir mayor cantidad de estos dos compuestos que un solo vehículo, obviamente, eso genera el aumento de estos gases, ¿cierto?» (Actividad N°1, 20 de marzo, 2015).

Acercándonos al discurso, consideramos que la expresión «pues, como decían, como han dicho varios», muestra que el maestro aplica lo que sabe respecto de las formas cordiales y respetuosas, al parecer está aceptando los argumentos de los otros maestros para construir una explicación más coherentes sobre la contaminación que producen las motos, por la liberación de los gases monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). En este sentido cobra relevancia el respeto por las ideas de los demás.

En concordancia con lo anterior, podemos decir que a la hora de construir conocimiento resulta un tanto interesante el respeto por las ideas de los demás toda vez que estas sean aceptadas con el propósito de ampliar una explicación, hacer aclaraciones del fenómeno en estudio, o continuar con la misma idea.

En este sentido es pertinente resaltar el argumento del M.D: “Igualmente la hice con la parte de Lewis y también la representaría con icopor u otro material que me permita hacerlo” (Actividad N°1, 20 de marzo, 2015). La expresión “igualmente”, nos lleva a pensar que, al parecer al M.D quiere dar continuidad a la idea que han expuesto alguno de sus compañeros sobre la representación de las sustancias azufre(S), plomo (Pb), monóxido de carbono (CO) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de esta manera construir una explicación más sólidas con relación al tema objeto de en estudio

Situación similar es la que se presenta con el argumento del M.C: «bueno, yo también, prácticamente, aquí tengo lo mismo que dice el profe —maestro E—; por ser una sal podría comportarse..... en un caso como una base y así neutralizar el ácido fórmico (HCOOH), así fue lo que... ” (Actividad N° 3 vídeo foro- intoxicación por metanol – abril 08 de 2015).

Atendiendo a los enunciados anteriores, es posible evidenciar el proceso sociológico de carácter epistémico, cuando los maestros participantes aceptan y están de acuerdo con lo que dicen los demás; en tanto esto les permite utilizar las ideas del otro como punto de apoyo para generar otras nuevas o para continuar y construir mejores explicaciones, aunque en algunas ocasiones el discurso es corto incoherente e inconcluso, lo cual puede conllevar a la incompreensión por parte de las personas que escucha y están atentas a las.

Para recoger, es valioso respetar la opinión de los demás cuando se construye conocimiento en colectivo; no obstante, se torna urgente criticar y refutar esas ideas, cuando sea el caso, con el propósito de generar discusión que permita llegar a justificaciones pertinentes. La siguiente característica enriquece lo dicho.

#### **5.2.6. Los aspectos relacionados con pertinencia, coherencia y sistematicidad de cada explicación con respecto al fenómeno en estudio**

Esta subcategoría se manifiesta cuando el maestro en su discurso científico mantiene un hilo conductor que favorece la comprensión del mismo (Sampson & Clark, 2008). Teniendo en cuenta estas características destacamos algunos argumentos.

Iniciamos con el argumento del M.B, con su respuesta a la pregunta: ¿cómo representarías a nivel molecular o microscópico los contaminantes de carbono y azufre producidos por la gasolina?: «yo utilicé la electronegatividad con que trabaja la molécula; por ejemplo: el monóxido de carbono trabaja con (+)2 y el oxígeno con menos dos (-)2; por el contrario, de dióxido, el carbono trabaja con cuatro (+)4, recibe dos moléculas de oxígeno y el azufre trabaja con (+)6 y el oxígeno con (-)2 recibe tres moléculas, como dice la profe» (Actividad N°1, 20 de marzo, 2015).

.Cabe destacar el enunciado del M.B, al utilizar el término electronegatividad para explicar su representación. Ahora bien,; inferimos una incoherencia en lo que sustenta, debido a que la electronegatividad es la capacidad o fuerza que presentan los elementos químicos para atraer y retener los electrones en un enlace. Esta propiedad de los elementos químicos no presenta signos positivos (+) o negativos (-), como lo deja ver en su

explicación el M.B; por el contrario, los signos (+ o -) representan cargas positivas o negativas, son característicos del estado de oxidación de un elemento, es decir, es la carga eléctrica hipotética que el átomo tendría si todos sus enlaces o elementos distintos fueran 100% iónicos.

Por tal razón, la representación del M.B no resulta pertinente en cuanto a la explicación que entrega, ya que, al parecer, confunde los conceptos de electronegatividad con estado de oxidación. De este modo, la explicación del fenómeno puede resultar confusa y generar incomprensión, no solo para quien empieza en este estudio, sino también para quien ya tiene conocimiento del mismo.

Por otra parte, asigna los números de oxidación de forma inadecuada: «el monóxido de carbono trabaja con más dos» y «el dióxido de carbono trabaja con cuatro»; lo más adecuado es que el elemento carbono posee estados de oxidación de (+)2 y (+)4, y no el monóxido de carbono ni el dióxido de carbono, como él manifiesta, ya que los estados de oxidación se le asignan a los elementos, no a los compuestos. Por último, al finalizar la idea con la expresión «recibe tres moléculas». Esta forma de terminar no es clara. Por la forma como lo manifiesta el maestro B, inferimos que es el átomo de azufre, el que se une a tres átomos de oxígeno y no a tres moléculas.

Así pues, la explicación que realiza el M.B es incoherente, compleja, no termina las ideas, maneja un discurso muy denso. Este tipo de explicación puede, posiblemente, provocar dificultades de comunicación en una persona que está empezando a estudiar estequiometría, al tiempo que puede crear bases conceptuales no adecuadas para la construcción de nuevos saberes.

Adicionalmente, presentamos el enunciado del M.B en la actividad experimental: «partiendo de los pesos moleculares, el ácido clorhídrico (HCl) son 36 y medio por 63 más o menos, ¿cierto?, casi el doble; lo que quiere decir que cuando, mira como, si partimos 36 y medio en ambas, quien va a reaccionar todo son los 36 y medio de ácido de nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), ¿cierto?; es que estamos tomando cantidades no como mililitros, sino cantidades, puede ser en gramos, mol» (Actividad N°2 actividad experimental-marzo 26 de 2015).

En el anterior enunciado del M.B, percibimos la falta de fluidez para construir el discurso, a lo que se suman sus ideas incoherentes; por lo tanto, la explicación se vuelve incomprensible. Lo podemos apreciar en el siguiente enunciado: «el ácido clorhídrico (HCl) son 36 y medio por 63 más o menos, ¿cierto?, casi el doble». De la misma manera, las ideas que expresa quedan inconclusas; tal vez trata de explicar que el ácido clorhídrico (HCl) presenta una masa molecular de 36,5 gramos y el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) una masa de 63 gramos.

Y presenta una segunda idea totalmente desconectada de la anterior: «lo que quiere decir que cuando, mira como, si partimos 36 y medio en ambas quien va a reaccionar todo son los 36 y medio de ácido de nitrato de plata». En este caso, especulamos que el maestro B quiere manifestar que si reaccionan 36,5 gramos de ácido clorhídrico con 36,5 gramos de nitrato de plata, queda en exceso el nitrato de plata, ya que su relación estequiométrica es (1:1).

Para el análisis, es importante mostrar el enunciado del M.C, cuando se le pregunta: ¿cómo explican la reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) por medio de un modelo teórico? En esta línea, el M.C argumenta: «yo, por la parte de cinética, sí, donde la reacción se da porque la forma de cloruro de plata y ácido nítrico son más estables que el ácido clorhídrico y el nitrato de plata, sí, ellos reaccionan buscando la estabilidad, buscando el estado de menor energía; por eso se da ese proceso, sino, no se diera» (Actividad N°2 actividad experimental-marzo 26 de 2015).

Admitamos que en este enunciado, el M.C trata de mostrar un modelo teórico cuando dice: «por la parte de cinética» pero no se entiende que quiere decir con cinética.<sup>1</sup> Pero el M.C no es claro en su discurso; por otra parte, no es pertinente con el fenómeno ocurrido, es decir, el cambio de color al combinar las dos sustancias y luego la precipitación del cloruro de plata. Siguiendo el hilo conductor, otro argumento materia de análisis es el presentado por el M.D, cuando justifica por qué el bicarbonato de sodio es uno de los compuestos para neutralizar la intoxicación por metanol: «Yo la tengo muy corta ... Tóxico para el organismo, esa es mi forma, así, como concreta, pero también se mira, hay veces, en

---

<sup>1</sup> Recordemos que la cinética es la encargada de estudiar la rapidez con que transcurre una reacción, los factores que influyen y el mecanismo, es decir, la etapa o serie de etapas en las que ocurre el cambio.

este caso, la sal, también la utilizan para expulsar, para evacuar, cierto, la mayoría de las veces el bicarbonato lo utilizan para que la persona vote de pronto un compuesto que no tienen en el organismo, que no son agradable, o que son tóxico... si la utilizan como laxante» (Actividad N° 3, videoforo, 8 de abril 08,2015).

La respuesta del M.D no es pertinente y coherente con lo que se le pregunta, puesto que el M.D, conjeturamos, trata de explicar que el bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) lo utilizan como laxante para expulsar sustancias tóxicas, y como el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) es tóxico, también puede ser expulsado del cuerpo. No obstante. Esta explicación utilizada en la cotidianidad, que reviste un carácter empírico, es pertinente; no obstante, desde los principios químicos no es posible explicar el fenómeno de neutralización, debido a que el lenguaje utilizado por el M.D no es el adecuado para construir un discurso específico que dé cuenta de los procesos químicos.

Estas observaciones apuntan a un asunto que no se puede perder de vista: el discurso propio del saber, en este caso, la química, debe servirse de un registro técnico, no por ello exento de claridad y consistencia que augure una comunicación afortunada, adicional, a la construcción de sentido alrededor de la construcción de conocimiento.

Exploremos ahora sobre los aspectos que modifican la afirmación ante la presencia de inconsistencias o información inadecuada.

### **5.2.7. Los aspectos que modifican la afirmación o explicación cuando se presentan inconsistencia o información inadecuada**

De manera puntual, esta subcategoría se manifiesta cuando en la construcción del conocimiento científico se presentan inconsistencias en las explicaciones o argumentos, que luego pueden ser reconsideradas y modificadas para una mejor comprensión del fenómeno al cual se hace mención (Sampson & Clark, 2008).

En este sentido, en algunos argumentos de los maestros se perciben inconsistencias; posteriormente, utilizando la técnica del debate, estas dificultades fueron reconocidas y mejoradas.

En la siguiente secuencia enunciativa es posible observar cómo al transcurrir el debate sobre cuál es el reactivo límite y qué sustancia precipita en el fondo del tubo de ensayo, el M.E reconsidera su opinión y la modifica; por consiguiente, consideramos esta característica epistémica fundamental en la construcción del conocimiento científico, porque permite criticar, refutar y compartir ideas. Estas cualidades se ven reflejadas a continuación:

M.E: bueno, ahí quedaría siii, parte del nitrato de plata sin reaccionar, es el que precipita.

(Después del debate)

M.E: ácido clorhídrico, nitrato de plata, o sea que el que precipitaría, sería el cloruro de plata.

M.B: precipitado de cloruro de plata y para iguales cantidades el nitrato de plata es el reactivo límite.

M.E: entonces no tiene por qué producirse precipitado.

M.A: raro, porque el precipitado es el cloruro de plata, debe estar formándose

M.B: sí se produce.

M.A: porque el nitrato de plata recuerde, que es un líquido incoloro, es un líquido...

M.E: ah, sí, con el tiempo, es que el cloruro de plata no es tan soluble, entonces se precipita, ahí se está precipitando.

M.A: entre más insoluble se precipita más rápido.

En el primer enunciado el M.E dice: «parte del nitrato de plata sin reaccionar, es el que precipita». En este enunciado el maestro deja percibir confusión o información

inadecuada, al manifestar que el reactivo que está en exceso, si no reacciona debe precipitar. Esta afirmación desencadena un debate en el que dos de los maestros participantes, M.A y M.B, entran en desacuerdo con el M.E y hacen sus aportes para hacerle caer en cuenta de que está confundido.

Posterior al debate con sus compañeros, el M.E reconsideró su afirmación y admitió que la sustancia que precipita en esta reacción no es el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ), sino el cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ). Pero, al parecer, su cambio no es tan significativo; es decir, no se convence de lo que dice porque luego, cuando interviene el M.B, y afirma «que el nitrato de plata es el reactivo límite», cambia nuevamente su versión y expresa: «entonces no tiene por qué producirse precipitado». Es probable que en este momento el maestro siga pensando que el reactivo que no reacciona debe precipitar y lo relaciona con el nitrato de plata.

Siguiendo el orden de la dinámica, los maestros A y B intervienen y argumentan que sí se produce precipitado: el cloruro de plata ( $\text{AgCl}$ ). En este caso, el M.E reconsidera su afirmación y la modifica diciendo: «ah, sí, con el tiempo; es que el cloruro de plata no es tan soluble, entonces se precipita; ahí se está precipitando». El M.E cambia su enunciado, lo que contribuye a una mejor comprensión.

Este tipo de estrategia, el debate, permite retomar las ideas que presentan inconsistencias o información inadecuada en la construcción social del conocimiento; así, la argumentación es un tipo de exposición que se materializa a través del lenguaje verbal o escrito, la cumple un rol fundamental en las explicaciones científicas (Henaó y Stipich, 2008).

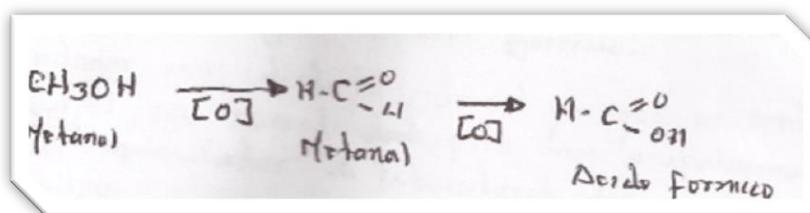
Si bien es cierto que construir conocimiento en colectivo posibilita el diálogo y la discusión de puntos de vista diferentes, con el propósito de buscar explicaciones pertinentes del fenómeno en estudio, también es importante que individualmente hagamos uso de explicaciones coherentes y cuestionemos la información recibida en las diferentes fuentes.

Fundamentados en el siguiente fragmento: «Estas reacciones empiezan con la oxidación del metanol a acetaldehído, que a su vez se oxida y produce ácido fórmico, este es neutralizado con bicarbonato de sodio», aclaramos que la información presenta

inconsistencia, en cuanto a la oxidación del metanol se refiere; este se oxida y produce metanol o formaldehído ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) y no acetaldehído.

Valga aclarar que el fragmento antes mencionado hace parte de la siguiente situación problema: la intoxicación por metanol sucede por una serie de reacciones en las que se producen sustancias tóxicas. Estas reacciones empiezan con la oxidación del metanol a acetaldehído, que a su vez se oxida y produce ácido fórmico; este es neutralizado con bicarbonato de sodio. Teniendo en cuenta la estequiometría de las reacciones que tienen lugar en el organismo, represente las ecuaciones químicas que describen el proceso de oxidación del metanol (cuestionario, mayo 14 de 2015).

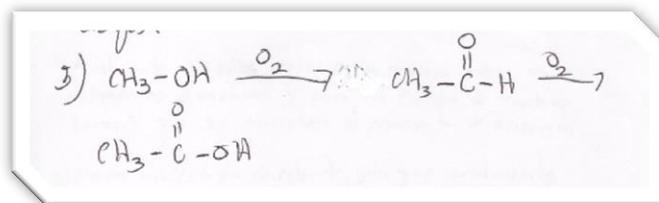
Acorde con anterior, traemos las repuestas de algunos maestros. Iniciamos con el M.E, quien realiza una reacción química:



**Figura 18.** Representación de la reacción química de la oxidación del Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) del maestro F.

En este caso, el M.E hace una adecuada representación del fenómeno de oxidación del metanol ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), pero no hace ningún comentario acerca de la inconsistencia que presenta la información suministrada con relación a la oxidación del metanol, la cual se hicimos alusión en el párrafo anterior. Podemos inferir que el maestro, tal vez, por conocer el proceso, no se detuvo a analizar la información, situación que no le permitió reflexioar acerca de la misma y hacer su propia crítica.

De la misma manera el M.C realiza una reacción química:



**Figura 19.** Representación del M.C sobre la reacción química de la oxidación del Etanol ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ )

La representación que hace el M.C no es consistente, en cuanto a los productos. Si bien es cierto que la reacción empieza con el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) como reactivo, y etanal ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$ ) y ácido etanóico ( $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ) como productos intermedio y final, respectivamente, es necesario aclarar que los productos que se forman son el metanal ( $\text{CH}_2\text{O}$ ) y el ácido metanoico ( $\text{CH}_2\text{O}_2$ ). La deducción es que al parecer el M.C hizo uso de la información dada, a cerca de la reacción de oxidación del metanol, la cual fue relacionada en párrafo anteriores apropiándose de ella, sin reflexionar acerca de la inconsistencia que la misma presentaba. La conclusión que se origina es que en ambas respuestas se refleja la pasividad y aceptación con la que reciben la información, sin cuestionarla, dando por sentado que lo que está plasmado es correcto y no hay por qué hacer refutarlas.

Conforme con lo anterior, bien se pueda pensar que los maestros no se consideran sujetos activos en la construcción de conocimiento, porque son hijos de una tradición en la que el conocimiento es verdad y la tarea del maestro es transmitirlo a sus estudiantes, sin reflexión alguna, lo que conlleva a no cuestionar lo que se le presenta.

Finalmente, encontramos en las discusiones que se llevaron a cabo por parte de los maestros participantes las siguientes características.

### **5.2.8. Los aspectos relacionados con negociar significados, compartir ideas o criticar**

En esta característica es notoria la capacidad de los maestros para trabajar en colectivo y construir una explicación más sólida del fenómeno en estudio, por medio del diálogo, la crítica, la reflexión, el compartir significados y el consenso (Sampson & Clark, 2008).

En este marco de ideas, y teniendo en cuenta las características epistémicas, analizamos las intervenciones de algunos maestros participantes:

M.C: no hubo desprendimiento de calor

M.E: nada

M.A: ni absorción, el tubo se pone frío

M.F: o sea que no hubo reacción

M.C: sí hubo, porque hubo cambio de color

M.A: sí, hay cambio de calor, hay reacción

M.E: cambio de color

M.B: hubo precipitado; si hubo reabsorción de calor es una reacción endotérmica

M.E: partimos de dos soluciones totalmente incoloras.

M.B: se produce una lechosa; allí la sustancia que se forma va a tierra, va al fondo, y el sobrenadante es la otra; no es más nada, eso es lo que yo digo. Un alumno no llega hasta allá.

M.E: bueno, allí lo que puedo aportar es que, allí se nos está presentando una reacción, porque nosotros partimos de dos sustancias totalmente incoloras. En el momento en que se mezclan, tendrían que seguir siendo incoloras, si no, hay reacción, tomo alcohol y tomo agua y lo mezclo.

M.C: sigue siendo incolora

M.E: sí, pero aquí cambia; cambió el color inmediatamente, que no se observa un precipitado, entonces allí hay como una reacción

M.B: no se forma precipitado, porque es muy diluido, y no está equivalente igual, si estuviera, va al fondo porque va

M.E: aquí en la luz se ve como una dispersión allí, el color lechoso está disperso en toda la fase líquida del ácido.

M.D: cuando él se decanta se va formando, hay que darle un tiempo.

De lo anterior es necesario comentar la discusión fluida de los maestros tratando de dar una explicación de lo ocurrido al combinar las dos sustancias: ácido clorhídrico (HCl) y nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ). Por consiguiente, mediante este escenario de discusión y consenso, los maestros participantes buscan posibles explicaciones para comprender mejor el fenómeno en estudio.

Es un acierto que en los tres primeros enunciados los maestros C, E y A centraron la discusión en explicar si hubo reacción química o no, tomando como referencia la liberación o absorción de energía. De esta manera, los maestros C, E y A concluyeron que no hubo cambio de energía; por tal razón, percibimos que esta decisión influyó en la respuesta del M.F, quien argumentó: «O sea no hubo reacción química» parece ser, que para el M.F, el cambio de energía, es la única cualidad para identificar las reacciones químicas.

Siguiendo el hilo de la discusión, el M.C dice: «sí, hay cambio de calor, hay reacción». En cuanto a esta afirmación que hace el M.C, los demás compañeros estuvieron de acuerdo y en colectivo llegaron a un consenso: el cambio de color es un indicativo de reacción química.

En el transcurso de la discusión, el M.B expresa: «se produce una lechosa; allí la sustancia que se forma va a tierra, va al fondo, y el sobrenadante es la otra, no es más nada, eso es lo que yo digo, un alumno no llega hasta allá. De esta manera, podemos apreciar que el M.B utiliza unos términos inadecuados como «lechosa» y «va a tierra»; Es predecible su manifestación: en la reacción entre el ácido clorhídrico (HCl) y el nitrato de plata ( $\text{AgNO}_3$ ) se produce un precipitado, es decir, un sólido de color blanco, insoluble que se precipita al pasar el tiempo.

En contraste, el M.E refutó lo dicho por el M.B: «no se observa un precipitado» expresión muy tradicionalista basada en una perspectiva del empirismo en donde la observación cumple un papel importante en la veracidad de la información. Se puede decir que por ser una actividad experimental muy común en las prácticas cotidianas, el M.E ya conoce los resultados, y, al no observar el precipitado característico de la reacción, se confunde. El M.B le aclara: «posiblemente, no precipitó enseguida porque las soluciones estaban muy diluidas».

Aventurando, agregamos que el M.B trata de dar una explicación de los posibles factores que influyen en una reacción química, y que por tal motivo los resultados pueden variar entre una experiencia y otra. Estos factores pueden ser múltiples: temperatura, concentración, pureza de los reactivos, tiempo, entre otros.

Las prácticas colectivas, baste decirlo una vez más, privilegian procesos de participación y reflexión en la que todos los participantes expresan sus ideas, siempre en un espacio de respeto por el otro, en donde el único fin es la puesta en común de explicaciones, ejercicio que permita la construcción del conocimiento sin olvidar los valores que caracterizan a las personas como seres sociales.

## **6. Algunas consideraciones sobre taller implementado**

A continuación, algunas de las fortalezas manifestadas por los maestros participantes en relación con el taller aplicado. Valga aclarar que el taller fue posible gracias a la evaluación que realizaron los maestros sobre el mismo y su importancia como estrategia didáctica para la enseñanza de la química (Anexo 5). Veamos.

El M.E anotó lo siguiente: «Se da la construcción del conocimiento en equipo, donde se aprende del aporte de otros, como ellos de uno. Como resultado se profundiza entre otros aspectos de la temática abordada a diario en clases. Qué bueno seguir con este ejercicio» (M.E, Evaluación, 14 de mayo, 2015).

Del aporte del M.E subrayamos el valor que le otorga al trabajo en equipo, ya que mediante este es posible la construcción del conocimiento por medio de la reflexión, la crítica, el debate y la búsqueda de mejores explicaciones acerca del tema en estudio, aporte que va de la mano con la finalidad de construir conocimiento desde un enfoque sociocultural, como lo propone Toulmin. El apunte del M.F va en la misma dirección: «El diálogo de saberes que se generó en el grupo, las diferentes maneras que se desarrollaron para explicar o desarrollar un fenómeno químico» (M.F, Evaluación, 14 de mayo, 2015)

Nuevamente, el M.F manifiesta el valor del trabajo en equipo, ya que al compartir saberes se construye conocimiento de forma significativa. Adicionalmente, expresa la

importancia de la argumentación en la construcción de mejores explicaciones para abordar los fenómenos químicos.

«Realmente, me hizo reflexionar mucho sobre mis estrategias didácticas, y caer en cuenta de muchos errores que se cometen al momento de enseñar». Es esta la intervención del M.C al respecto (M.C, Evaluación, 14 de mayo, 2015). De meridiana claridad, el valor didáctico al utilizar este tipo de estrategias para la enseñanza de la química, ya que permiten la construcción del conocimiento de una forma diferente, en la que se privilegian procesos dinámicos, argumentativos, en donde el estudiante y el maestro establecen una relación horizontal en la búsqueda de mejores explicaciones de los fenómenos químicos, en cuanto esta forma de construir el conocimiento se aleja de las formas tradicionales, cuyo propósito es transmitir información sin reflexión alguna (M.C, Evaluación, 14 de mayo, 2015).

## **7. Conclusiones**

En este trabajo se procuró analizar las dinámicas argumentativas que presentan algunos maestros de Química al momento de construir conocimiento relacionado con situaciones de la estequiometría.

Es necesario resaltar la importancia que tiene la perspectiva sociocultural de Stephen Toulmin, en cuanto a construcción de conocimiento en el aula, por cuanto tienen lugar el desarrollo de habilidades y destrezas tales como criticar, discutir, reflexionar y compartir explicaciones de los fenómenos estudiados.

Ahora bien, por todas las cualidades antes mencionadas, consideramos que el pensamiento de Toulmin presenta un potencial pedagógico para abordar la estequiometría, desde una perspectiva cualitativa, ya que permite construir explicaciones, establecer procedimientos, generar preguntas y utilizar métodos de representación que pueden facilitar la comprensión de los fenómenos estequiométricos.

Del mismo modo, da lugar para la participación, el respeto por el pensamiento de los demás y el reconocimiento de la pluralidad, principios importantes a la hora de construir

conocimiento en colectivo. Por consiguiente, hacemos mención en nuestro análisis de los aspectos más relevantes, en cuanto al carácter representacional y las características epistémicas utilizadas por los maestros a la hora de construir conocimiento relacionado con los procesos estequiométricos, como también, resaltamos el acercamiento o distanciamiento por parte de los mismos en cuanto a la perspectiva epistemológica escogida para nuestro trabajo.

Con todo lo anterior, realizamos las siguientes consideraciones.

Los maestros participantes presentan un lenguaje poco comprensible para explicar los conceptos, nociones y principios de la estequiometría; además, sus representaciones aluden a un sistema macroscópico, construido culturalmente en la cotidianidad del quehacer pedagógico en el que priman las representaciones de fórmulas y símbolos.

Es necesario reconocer que la forma utilizada por los maestros participantes para representar los fenómenos estequiométricos, puede causar dificultades en el proceso de aprendizaje, debido a que en muchas ocasiones se omiten aspectos importantes como las concepciones aceptadas en las ciencias que le dan sentido al discurso químico.

También la falta de reflexión en cuanto a las representaciones usadas, las cuales están cargadas de procesos abstractos; por ejemplo, las ecuaciones químicas, las relaciones estequiométricas, entidades —como mol, moléculas, elementos, reactivos, masa molecular, etcétera— en las que se mezclan diversos lenguajes en un solo formato sintáctico; además, la desarticulación entre el lenguaje cotidiano y el lenguaje científico, al parecer, está dando lugar a la incomprensión de los procesos estequiométricos. Es imprescindible, entonces, pensar en otras representaciones que permitan la flexibilidad en la construcción del conocimiento.

En general, las dinámicas de construcción del conocimiento por parte de los maestros participantes obedecen a perspectivas tradicionales de la ciencia, que privilegian procesos pasivos en donde no hay lugar para la refutación, la duda, la crítica y las reflexiones de los fenómenos estudiados. Sumado a esto, se privilegian procesos verticales en los que la función principal es transmitir un cúmulo de conocimientos incuestionables e irrefutables. En este mismo sentido, cobran significado las dificultades de comprensión, que posiblemente se deben a problemas de comunicación entre los maestros y los aprendices,

tal vez por el carácter representacional simbólico y abstracto del conocimiento químico, el cual está mediado por un lenguaje técnico incomprensible e ininteligible. Es aquí en donde se hace prioritario recordar que cada disciplina científica tiene sus propios lenguajes y recursos literarios para exponer sus teorías explicativas; lo más pertinente es reflexionar sobre las representaciones utilizadas en la explicación de fenómenos químicos.

De igual forma, se hace necesario reflexionar sobre la utilización de códigos, convenciones, lenguajes y formatos sintácticos usados para la explicación de los niveles representacionales de la materia, (macroscópico, simbólico y microscópico), con el propósito de discernir en qué condiciones estos resultan pertinentes a dicha ilustración. Al parecer, los maestros no están conscientes de que la química tiene niveles diferentes de representación y por ello tienden a mezclarlos y a confundirlos.

Es necesario anotar que para los maestros no es lo mismo representar y construir conocimiento; por tal motivo, ellos representan el conocimiento de cualquier forma y piensan que la representación es una estrategia didáctica para difundir o comunicar el conocimiento a través de gráficos y esquemas; así mismo, consideran que el lenguaje verbal no es una forma de representar el conocimiento. A propósito, consideramos que el lenguaje verbal es la expresión comunicativa del conocimiento, es decir, el lenguaje verbal representa el conocimiento por medio de la palabra, que se externaliza o se esquematiza en diferentes técnicas de representación consensuada por una comunidad científica. Esto último significa que representar es construir conocimiento.

De hecho, cuando el maestro realiza una ecuación, un gráfico o un esquema sobre los procesos químicos, estos tienen significado para él, e incluso para otro maestro que conoce sobre el tema, así la representación no sea la más adecuada en cuanto a códigos, convenciones y lenguaje utilizado. Pero, posiblemente para una persona que apenas empieza con el proceso, no adquiera ningún significado, y, por el contrario, puede generar problemas de representación que se ven reflejados en otros saberes.

Es necesario decir que las representaciones más frecuentes de los maestros participantes son de tipo simbólico, mediante el lenguaje de fórmulas; lo dicho, tal vez por el uso habitual, cotidiano, lo cual hace que la explicación de los fenómenos

estequiométricos se conviertan en un proceso complejo y abstracto, esto son, difíciles de comprender.

Por otro lado, percibimos el poco o inadecuado uso de representaciones de carácter microscópico o molecular, debido quizás al cuidado que hay que tener en cuanto a la utilización de la misma, ya que son modelos aceptados por las ciencias; de ahí su carácter abstracto, el cual requiere conocimientos sobre las entidades no perceptuales de la materia. En esta dirección, podemos decir que las representaciones más comunes para representar la «realidad» microscópica son las imágenes de esferitas que se usan para representar los átomos. De ahí que algunos maestros las usaban, pero en algunas ocasiones de forma inadecuada; al parecer, esto podría ser otro motivo más de incompreensión.

De igual modo, se da no solamente la poca utilización de las convecciones, sino la inadecuada utilización de las mismas para representar los fenómenos estequiométricos; es posible que esto suceda, tal vez por la costumbre de omitirlas en sus explicaciones, dando por sentado que quien recibe la información es capaz de comprender.

Resaltamos, de igual modo, las características epistémicas que más predominaron en las dinámicas de construcción del conocimiento por parte de los maestros participantes.

En un primer momento encontramos que una de las características más exploradas por los maestros está relacionada con **identificar/describir características del fenómeno referidas a datos cuantitativos**. Debe señalarse que este tipo de situaciones cuantitativas y abstractas con un lenguaje de fórmula, utilizada por los maestros para identificar los fenómenos estequiométricos, posiblemente podría ser una causa en la incompreensión de los procesos químicos y poco favorable para la producción de conocimiento significativo, debido a que el proceso de solución de problemas se torna repetitivo, tipo recetas, sin ninguna reflexión del fenómeno estequiométrico.

Otra característica epistémica que predominó entre los maestros participantes es el **uso de terminologías inadecuadas para comunicar ideas científicas**, aspecto que se relaciona con el lenguaje de las ciencias químicas, primordial para la construcción del conocimiento y apropiación del mismo, la utilización de términos coloquiales, cotidianos, no aceptados en las ciencias, pueden afectar la significación coherente del discurso químico. Así, estas fallas de comunicación entre maestros y estudiantes puede ser otra

causa de la dificultad de comprensión de los procesos estequiométricos. La química maneja sus propios lenguajes, códigos y convenciones que deben ser utilizados por los maestros tal como están establecidos y no adaptarlos o modificarlos en la explicación de un fenómeno, para conveniencia propia.

Respecto de los «errores» conceptuales, se puede concluir que entre los maestros figuran: **la falta de pertinencia, coherencia y sistematicidad del discurso** en las explicaciones, lo que afecta la comprensión del conocimiento científico y la apropiación del mismo, en los procesos estequiométricos. Esto, tal vez por la utilización de procesos experimentales-cuantitativos y razonamientos matemáticos como única fuente de verdad, donde no hay espacio para hacer reflexiones en torno a la flexibilidad del conocimiento.

Para finalizar, los maestros se manifestaron a través de dinámicas argumentativas pasivas, con poca interacción social, con un alto grado de aceptación por los puntos de vistas de los demás, otorgando un carácter de verdad, sin refutaciones, a pesar de que en los argumentos utilizaban un lenguaje inadecuado en cuanto a: la terminología utilizada, datos incompletos, «erróneos» y sin justificación, los cuales le restan pertinencia y coherencia al discurso químico.

En este trabajo hemos mostrado cómo la argumentación presenta elementos de orden epistémico, a nivel sociológico, que se externalizan a través del lenguaje, las técnicas de representaciones y sus características epistémicas en la construcción del conocimiento científico. Dejamos campo abierto para las futuras investigaciones, los procesos de comunicación y las dificultades que se presentan cuando se hace este tipo de dinámicas en las aulas de clase, como también la aplicación del enfoque epistemológico de Stephen Toulmin a otras disciplinas de las ciencias y el carácter representacional de la química en otros temas de interés disciplinar.

### **Aportes pedagógicos a la enseñanza de la estequiometría**

A continuación, algunos aportes que hacen que el taller empleado para registrar la información, sea interesante para los maestros pertenecientes a la red de ciencias y de otros que quieran aventurarse en esta perspectiva de trabajo.

- Permite el diálogo de saberes mediante el trabajo en equipo; por lo tanto, privilegia espacios dinámicos de reflexión, desde una perspectiva sociocultural en la cual la flexibilidad intelectual juega un papel importante en la construcción del conocimiento.
- Es una forma diferente de abordar los procesos estequiométricos, puesto que se abre un espacio para las explicaciones de tipo cualitativo, las cuales le dan sentido a los datos cuantitativos y permiten una mejor comprensión de estos fenómenos.
- Es una oportunidad para alejarnos de las formas tradicionales de concebir los fenómenos estequiométricos, en donde los razonamientos abstractos y matemáticos tienen un lugar de privilegio y no hay lugar para la duda y la reflexión del conocimiento.
- Desde esta forma de construir el conocimiento, se privilegian relaciones horizontales en la que todos los participantes del proceso cumplen un papel activo, en razón a que comparten puntos de vista semejantes y se refutan diferencias, con el propósito de construir mejores explicaciones para el fenómeno en estudio, en este caso, procesos estequiométricos.
- Para una mejor comprensión de los procesos estequiométricos se recomienda utilizar representaciones microscópicas, tipo esferas, como lo plantea Johnstone, debido a que éstas contemplan los reactivos en exceso, al final del proceso, mientras que las representaciones simbólicas, mediante ecuaciones químicas, no: solo expresan reactivos puros.

## 8. Referencias bibliográficas

- Amador, R, y A. Aduriz (2011). A qué epistemología recurrir para investigar sobre la enseñanza de las ciencias. *Educyt*, Vol. 3, 3-18. Recuperado de <file:///C:/Users/User/Downloads/1840-4404-1-SM.pdf>.
- Carrillo, L. (2007). Argumentación y argumento. *Uned. Revista signa*. 16, 289-320. Recuperado de [www.cervantesvirtual.com/...argumento.../0176577a-82b2-11df-acc7-00...](http://www.cervantesvirtual.com/...argumento.../0176577a-82b2-11df-acc7-00...)
- Chamizo J. A. (2007) Las aportaciones de Toulmin a la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 25(1), 133–146.
- Colombia. Decreto N° 1278. Estatuto de profesionalización docente. Publicado en Bogotá, D.C. del 19 de junio de 2002. Colombia.
- Colombia. Decreto N° 2277. Estatuto docente. Publicado en Bogotá, D.E. del 14 de septiembre de 1979. Colombia.
- Jiménez, A., M. P. (2010). 10 ideas clave, competencias en argumentación y uso de pruebas. En: Grao, de IRIF, S.L.
- Federico, M., y Jiménez., M. (2005). Apropiación del discurso científico: niveles epistémicos en la justificación de enunciado sobre la evolución de la marea negra. *Enseñanza de las Ciencias*, número extra. VII, congreso. Recuperado de [http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2005nEXTRA/edlc\\_a2005nEXTRAp512aprde1.pdf](http://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2005nEXTRA/edlc_a2005nEXTRAp512aprde1.pdf).
- Galagovsky, L, y Giudice, J. (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. *Ciênc. Educ.*, Bauru, 21(1), p.85-99. Recuperado de <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v21n1/1516-7313-ciedu-21-01-0085.pdf>.
- Galagovsky, L.R, Rodríguez, M.A, Stamatí, N, y Morales, L (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacciones química. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(1), 107-121.
- Galagovsky, L. y Bekerman, D. (2009). La Química y sus lenguajes: un aporte para interpretar errores de los estudiantes. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(3) pp.952-975. Recuperado de [http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132015000100006&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1516-73132015000100006&script=sci_arttext).
- García, S. Domínguez, J. García-Rodeja, E. (2002). Razonamiento y argumentación en ciencias. Diferentes puntos de vista en el currículo oficial. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(2), pp.217-228. Recuperado de [www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21802/21636](http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/21802/21636).
- Henao, B. (2010). Hacia la construcción de una ecología representacional: aproximación al aprendizaje como argumentación, desde la perspectiva de Stephen Toulmin. Programa Internacional de Doctorado. *Enseñanza de las Ciencias*. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos. Universidad de Burgos.

Henao, B. y Stipcich, M. (2008). Educación en ciencias y argumentación: la perspectiva de Toulmin como posible respuesta a las demandas y desafíos contemporáneos para la enseñanza de las Ciencias Experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 7, pp.47- 62.

Henao, B Stipcich, M y Moreira. A. (2010). La educación en ciencias desde la perspectiva epistemológica de Stephen Toulmin. *Lat. Am. J. Phys. Educ.*, 5 (1), 232-248.

Johnstone, A. (2000). Teaching of chemistry - logical or psychological *Chemistry Education: Research And Practice In Europe* Vol. 1, No. (1), pp. 9-15. Recuperado de [http://www.uoi.gr/cerp/2000\\_January/pdf/056johnstonef.pdf](http://www.uoi.gr/cerp/2000_January/pdf/056johnstonef.pdf).

Johnstone, A.H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *J. Computer Assisted Learning*, 7, pp 75-83.

Latour, B. & Woolgar, S. (1995). La vida en el laboratorio. La construcción de los hechos científicos. Madrid: Alianza Editorial.

Perren, M.A., Bottani, E.J.y Odetti, H.S. (2004). Problemas cuantitativos y comprensión de conceptos. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de investigación y experiencias didácticas*, 22, p.105-114. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v22n1p105.pdf> 17/06/2014.

Piñuel, J. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. *Estudios de Sociolingüística*, 3(1), pp.1-42. Recuperado de [https://www.ucm.es/data/cont/docs/268-2013-07-29-Pinuel\\_Raigada\\_AnalisisContenido\\_2002\\_EstudiosSociolingüisticaUVigo.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/268-2013-07-29-Pinuel_Raigada_AnalisisContenido_2002_EstudiosSociolingüisticaUVigo.pdf).

Pozo, J. y Gómez, M. (2000). Aprender y enseñar ciencia. (2a Ed. Reimpresión). Madrid: Morata, S.L

Rocha, A. (2005). Algunas reflexiones sobre la Química y su enseñanza en los niveles educativos preuniversitarios. En *Las disciplinas, las áreas: problemática de su enseñanza. Serie Cuadernos de Educación y Prácticas Sociales. CIPTE-UNCPBA*. Recuperado de [http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/arochoa/p50/index\\_archivos/BIBLIOGRAFIA/2005-QUIMICA-Rocha.pdf](http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/arochoa/p50/index_archivos/BIBLIOGRAFIA/2005-QUIMICA-Rocha.pdf).

Sampson & Clark, (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education* 92:447 – 472. Recuperado de [http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/28368/mod\\_resource/content/1/Assessment%20of%20the%20ways%20students%20generate%20arguments%20in%20science%20education%20currents%20perspectives%20and%20recommendations%20for%20future%20directions.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/28368/mod_resource/content/1/Assessment%20of%20the%20ways%20students%20generate%20arguments%20in%20science%20education%20currents%20perspectives%20and%20recommendations%20for%20future%20directions.pdf).

Sandoval, C. (2002). *Especialización En Teoría, Métodos Y Técnicas De Investigación Social*. Bogotá: ARFO Editores e Impresores Ltda.

Stake, R. (1999). *Investigación con estudio de casos*. (2a ed.) Madrid: Morata.

Toulmin, S. (1977). *La comprensión humana: el uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Madrid: Alianza Editorial.

Toulmin, S. (2003a). *Regreso a la razón*. Barcelona: Península.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

Toulmin, S. (2003b). The Uses of Argument. Cambridge University Press: Updated Edition.  
Recuperado de <https://mattrking.files.wordpress.com/2014/08/toulmin-the-uses-of-argument.pdf>.

Yin, R. (2010). Estudio de caso: planeamiento e método. Sao Paulo: Bookman.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

## Anexos

### Anexo.1. Protocolo ético



#### PROTOCOLO DE COMPROMISO ÉTICO Y ACEPTACIÓN DE LOS Y LAS PARTICIPANTES EN LA INVESTIGACIÓN

**NOMBRE DE LA INVESTIGACIÓN: CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO  
EN EL AULA A PARTIR DE LA PERSPECTIVA DE TOULMIN: UN  
ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS ARGUMENTATIVAS DE ALGUNOS  
MAESTROS DE QUÍMICA DEL MUNICIPIO DE CAUCASIA**

**INVESTIGADORES: KATIA DANID ARCIA REYES  
WIL FERNANDO CONTRERAS ROYET**

**ASESOR. (A): CRISTINA RESTREPO OLAYA**

Ante esta instancia como investigadores presentamos nuestro compromiso ético a los participantes en esta investigación. Entendemos como imperativo y deber hacer uso adecuado y discrecional de la información registrada en el marco de este trabajo con el único fin de lograr los objetivos del estudio en cuestión y en la perspectiva de contribuir con algunos aportes para el mejoramiento de la educación en ciencias química en los contextos del caso elegido para el estudio, como también aportar insumos teóricos y metodológicos a la línea de investigación sobre argumentación en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias.

El uso discrecional y adecuado de la información registrada y de su análisis implica que la misma solo será utilizada para los propósitos de la investigación, se evitará la alusión de nombres propios y se valorará con respeto y responsabilidad los aportes de cada uno de los participantes. Los análisis y resultados serán dados a conocer en primera instancia a algunos de los participantes para su valoración.

Desde esta perspectiva, las personas que firman este documento autorizan a los investigadores para que las fuentes de información como escritos, entrevistas, foros de discusión, observaciones, talleres etc. Se constituyan en base de datos para dicha investigación. Al respecto se solicita también a los firmantes de este documento anotar algunas recomendaciones o sugerencias que consideren pertinentes en relación con la autorización que otorgan a los investigadores.

Nombres y apellidos

firma:

\_\_\_\_\_

Este proyecto es cofinanciado con recursos de la gobernación de Antioquia "Antioquia la más educada"

## **Anexo. 2. Taller**

Este taller lo hemos diseñado con el fin de obtener información sobre representaciones y algunas características epistémicas que en conjunto constituyen dinámicas argumentativas de los maestros de química cuando construyen conocimiento en torno al tema de estequiometría. Ésta se enmarca en una visión socio cultural de las ciencias, donde se vincula el contexto, la teoría y la práctica.

Dentro de esta perspectiva identificaremos las dinámicas argumentativas y resaltaremos las características epistémicas en los argumentos que le dan a la construcción del conocimiento científico un grado de flexibilidad intelectual, por lo tanto, permite la participación, el diálogo, la crítica, la interpretación, la justificación, la predicción, la reflexión y el cambio que le es inherente.

Al igual que muchos otros fenómenos de las Ciencias Naturales por su grado de abstracción, esta temática resulta difícil para su comprensión en tanto se deben construir representaciones, generar explicaciones, realizar dibujos, modelos, esquemas, analogías, fórmulas matemáticas y simbólicas, etc., que generen un poder explicativo para entender los fenómenos y teorizaciones asociadas en un contexto determinado.

Cabe resaltar que esta propuesta sirve de insumo para las prácticas pedagógicas de cada uno de los maestros involucrados en el caso, ya que contiene actividades que se caracterizan por sus procesos de indagación o búsqueda de explicaciones desde lo social, lo metodológico y lo actitudinal. Además, consideramos que incentiva la creatividad, el trabajo en equipo, el diseño de experiencias prácticas, que van más allá de soluciones algorítmicas.

### **Fase 1. Actividad de indagación**

## Objetivo

Indagar los procesos representacionales y las características epistémicas en las dinámicas argumentativas en la producción de los argumentos sobre la contaminación producida por la combustión de combustibles fósiles (gasolina)

## Materiales

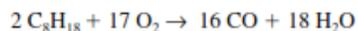
Fotocopias (lectura), video-cámara, papel, grabadora

## Descripción

En esta actividad reuniremos a los maestros pertenecientes a la Red de Ciencias Naturales en el aula 2 de la ciudadela educativa y luego los organizaremos en grupos de trabajo (3), para leer, analizar y socializar la lectura sobre “El mototaxismo un problema ambiental y social en Caucasia” con el fin de construir representaciones y simbologías relacionadas con la combustión de la gasolina, a partir de las siguientes preguntas:

¿Qué contaminantes se liberan cuando se queman los combustibles fósiles? ¿Cómo podrías esquematizar o representar la reacción química? ¿Se podría determinar la cantidad de contaminantes que se produce? ¿Cómo?

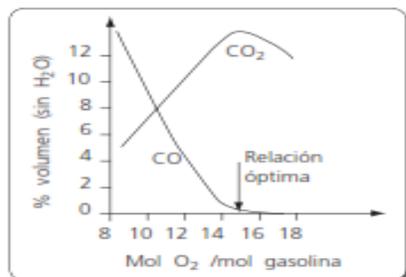
Teniendo en cuenta las siguientes ecuaciones balanceadas de la formación del monóxido de carbono y dióxido de carbono a partir de la gasolina (octano).



¿Cómo se evitaría la formación del gas más tóxico?

## Discusión

Posteriormente orientaremos una discusión en la que los maestros justificaran y reflexionaran con base en la gráfica la relación que se da entre el monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno, en donde identificaremos a cerca de las características epistémicas de los maestros en la producción de sus argumentos cuando construyen conocimiento. Para tal fin se hará la siguiente pregunta:



¿Cómo explicarías la disminución del CO<sub>2</sub> por el exceso de oxígeno?

Toda la información producida durante el desarrollo de las diferentes actividades será grabada y transcrita en hojas de textos.

## Fase 2 Actividad experimental

### Objetivo

Identificar el nivel representacional y las características epistémicas de los maestros de química en las dinámicas argumentativas cuando realizan una experiencia de laboratorio.

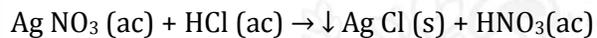
### Materiales y reactivos

Solución de ácido clorhídrico, solución de nitrato de plata, tubos de ensayos, pinzas para tubos de ensayo, gradillas, video cámara, fotocopias.

### Descripción

Tomar con un pipeta 3mililitros de solución de nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>) y depositarlo en el tubo de ensayo N°1, de igual manera echar en un segundo tubo, 3mililitros de solución de ácido clorhídrico (HCl). Posteriormente mezclar los contenidos de los dos tubos de ensayo, dejar reposar, observar y anotar lo ocurrido.

En un primer momento realizar un esquema que muestre el fenómeno ocurrido entre los dos reactivos. Represente la reacción química entre el ácido clorhídrico (HCl) con el nitrato de plata (AgNO<sub>3</sub>).



En un segundo momento, en una plenaria debatirán las siguientes preguntas orientadas por un investigador que hará las veces de moderado. Cada maestro responderá de manera individual y luego en grupos de trabajo. ¿Qué sucedería si hacen reaccionar iguales cantidades de sustancias? ¿Explique Por qué en el fondo del vaso aparece una sustancia de color blanco? Justifique por que a medida que transcurre el tiempo, aparece un gas en el tubo de ensayo. ¿Qué crees que ha ocurrido? Haga explícito un modelo teórico que caracterice y fundamente el fenómeno ocurrido.

La información será gravada y transcrita en hojas de texto.

### **Fase 3: Actividad de aplicación - videoforo**

#### **Objetivo**

Resaltar las características epistémicas y los procesos representacionales en la solución de problemas cotidianos relacionados con la estequiometría en la justificación de enunciados.

#### **Materiales**

video-cámara, papel, grabadora, computador, video Beam

#### **Descripción:**

Los modeladores presentarán un video relacionado con la intoxicación del organismo por metanol -(<https://www.youtube.com/watch?v=Ixnr23uwLX0>), que tiene una duración de 1 minutos 47 segundos.

Con el fin de generar discusión que conlleve a identificar las características epistémicas y los procesos representacionales y simbólicos en los maestros individual y colectivamente.

Posteriormente los modeladores comenzaran la discusión teniendo en cuenta la siguiente conclusión:



**El consumo de metanol produce intoxicación en el organismo, lo cual puede producir la muerte.**

Teniendo en cuenta la anterior conclusión:

Justifique. ¿Por qué el metanol puede producir la muerte?

¿Cómo podría usted representar o esquematizar el fenómeno ocurrido? “el metanol se oxida y produce formaldehído que a su vez se convierte en ácido fórmico, este se puede neutralizarse en el organismo utilizando bicarbonato de sodio.

¿Qué significado representa la anterior ecuación química para usted?

El bicarbonato de sodio es el antídoto para neutralizar la intoxicación por metanol. ¿Cómo podría usted justificar esta afirmación?

Justifique: ¿Por qué el bicarbonato de sodio debe estar en exceso? ¿Cómo representarías lo ocurrido?

Podríamos calcular la cantidad de reactivo en exceso necesario para neutralizar la intoxicación. ¿Cómo lo harías?

Toda esta información será grabada y transcrita en hoja de texto, además de una ficha de observación.

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA



### Anexo 3. Cuestionario para maestros



## CONSTRUCCIÓN DE CONOCIMIENTO A PARTIR DE LA PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN: UN ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS ARGUMENTATIVAS DE ALGUNOS MAESTROS DE QUÍMICA DEL MUNICIPIO DE CAUCASIA

### CUESTIONARIO PARA MAESTROS

NOMBRES Y APELLIDOS: \_\_\_\_\_

TITULO OBTENIDO: \_\_\_\_\_

AREA DISCIPLINAR DE ENSEÑANZA: \_\_\_\_\_

#### INSTRUCCIONES

A continuación encontraras una serie de preguntas que tienen como finalidad conocer su apreciación sobre el carácter representacional y las características epistémicas en la producción de argumentos, cuando usted sustenta un enunciado. Le agradecemos la claridad y honestidad en sus respuestas.

Recuerde que toda la información suministrada será confidencial, sin perjuicio alguno para usted o para su profesión.

#### PREGUNTAS:

1. ¿Qué entiende usted por representación del conocimiento?
2. Para usted. Construcción del conocimiento es representar. Justifique su respuesta
3. A nivel de cada disciplina se manejan diferentes convenciones, en este caso en química utilizamos muchas que nos permiten representar, como por ejemplo las que utilizamos para representar las sustancias. Mencione las utilizadas por usted para construir conocimiento.
4. A nivel de las ciencias química, se utilizan tres (3) tipos de representaciones: simbólicas, macroscópicas y microscópicas ¿Cómo explicas cada una?
5. Con relación a la situación que generó discusión en la última sesión, sobre la intoxicación por metanol, la cual se da por una serie de reacciones que tienen lugar en el organismo y se producen sustancias tóxicas, que de no ser tratadas a tiempo pueden desencadenar en la muerte.  
Estas reacciones empiezan con la oxidación del metanol a acetaldehído, que a su vez se oxida y produce ácido fórmico, éste es neutralizado con bicarbonato de sodio.  
Teniendo en cuenta la estequiometría de las reacciones que tienen lugar en el organismo. Explique el proceso ocurrido.
6. ¿Qué tiene en cuenta usted a la hora de construir un argumento cuando justifica un enunciado?



#### Anexo 4. Formato de evaluación del taller

 <p>UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA 1803</p>	<p><b>CONSTRUCCION DE CONOCIMIENTO A PARTIR DE LA PERSPECTIVA DE STEPHEN TOULMIN: UN ANÁLISIS DE LAS DINÁMICAS ARGUMENTATIVAS DE ALGUNOS MAESTROS DE QUÍMICA DEL MUNICIPIO DE CAUCASIA.</b></p> <p><b>FORMATO DE EVALUACIÓN.</b></p>
--	--

**NOMBRES Y APELLIDOS:** \_\_\_\_\_

**TITULO OBTENIDO:** \_\_\_\_\_

**AREA DISCIPLINAR DE ENSEÑANZA:** \_\_\_\_\_

#### INSTRUCCIONES

Apreciado maestro, para nosotros es importante que usted valore honestamente la propuesta de trabajo (taller), realizada con ustedes durante las tres sesiones en la fecha 20, 26 de marzo y 8 de abril de 2015, la cual estaba en marcada dentro la argumentación como estrategia didáctica para la construcción del conocimiento.

#### Ítems

1. Para usted, ¿cuáles fueron las fortalezas o aspectos positivos que puede resaltar de la propuesta de trabajo implementada en las secciones pasadas?
2. Para usted, ¿cuáles son los aspectos a mejorar en el taller desarrollado sobre situaciones estequiométricas?
3. ¿Cuáles fueron los aportes del taller bajo la perspectiva socio-cultural en su vida: laboral, profesional y personal?
4. ¿Qué cuestionamientos genera esta nueva perspectiva de trabajo a usted?



## Anexo 5. Carta al Secretario de Educación

Caucasia, Marzo 07 de 2015

Señor(a)

\_\_\_\_\_

Rector

I.E. \_\_\_\_\_

Asunto: Solicitud de permiso.

Cordial saludo:

Los docentes Wil Fernando Contreras y Katia Danid Arcia, estudiantes del programa de la maestría en educación línea de formación Ciencias Naturales por la subregión del Bajo Cauca, nos encontramos desarrollando la propuesta que tiene por título **“Construcción de conocimiento en el aula a partir de la perspectiva de Toulmin: un análisis de las dinámicas argumentativas de algunos maestros de química del municipio de Caucasia”**.

En estos momentos, vamos a empezar la etapa de implementación, la cual se hará a través de un seminario taller. Por lo tanto, necesitamos la participación de los maestros de química del municipio para poder desarrollar el taller que nos permitirá recolectar la información necesaria para su posterior análisis.

Es por este motivo, que nos dirigimos a usted para pedirle el favor de concederle permiso al o a los docentes \_\_\_\_\_,  
\_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ para



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

asistir al seminario taller que se realizará en varias sesiones, las cuales tendrán lugar en la Ciudadela Educativa Panzenú del municipio.

Gracias por la atención prestada.  
Esperamos pronta respuesta

ATTE:

CARMEN RIVERA ANAYA  
C.C.21402399 de Medellín

KATIA ARCIA  
C.C. 50954528 de C/oro

WIL FERNANDO CONTRERAS  
C.C.92559520 de Corozal

Anexamos cronograma de actividades



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

## Anexo 6. Registro fotográfico

Momento cero: firma del protocolo ético



Actividad N°1: lectura crítica: Mototaxismo un problema social y ambiental en Cauca.

Marzo 20 de 2015.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803

Facultad de Educación

Actividad N°2: actividad experimental, marzo 26 de 2015).



Actividad N°3: videoforo, 8 de abril, 2015.



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
1803



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1803

Facultad de Educación



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

1 8 0 3