



**LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS COMO  
INDICADOR DEL APRENDIZAJE EN QUÍMICA**

**JOSÉ MAURICIO AHUMADA GONZALEZ**

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRIA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS  
MANIZALES**

**2021**

**LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS COMO  
INDICADOR DEL APRENDIZAJE EN QUÍMICA**

**Autor**

**JOSÉ MAURICIO AHUMADA GONZALEZ**

**Proyecto de grado para optar al título de Magister en Enseñanza de las  
Ciencias**

**Tutora**

**MG. ANA MILENA LÓPEZ RÚA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES  
FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES  
MAESTRÍA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS  
MANIZALES**

**2021**

## AGRADECIMIENTOS

*A Dios por ser esa fuerza que siempre me impulsó a persistir y no decaer en los momentos difíciles.*

*A mis padres por su apoyo incondicional durante este proceso, ya que este logro es el fruto de sus enseñanzas de vida y dedicación para formarme en valores.*

*A mi esposa y a mis hijas porque son la razón de ser de mis aspiraciones y crecimiento a nivel profesional y personal.*

*A mi asesora y tutora Ana Milena López Rúa por su paciencia, constancia y profesionalismo para guiarme en este proceso de aprendizaje que por momentos fue complejo, pero gracias a sus consejos y orientaciones en el momento oportuno y de forma desinteresada, alcanzo este logro tan satisfactorio en mi formación académica.*

*A todos los profesores de la maestría por sus aportes invaluable en mi proceso de formación académica desde sus valiosos conocimientos.*

## RESUMEN

Este trabajo, tuvo como propósito central caracterizar cómo la resolución de problemas estequiométricos es un indicador del aprendizaje en química. Para ello, se propuso un estudio cualitativo – descriptivo que permitió caracterizar los procesos resolutivos de problemas llevados a cabo por los estudiantes con base en el modelo de Miguel de Guzmán. Los análisis se realizaron antes y después de una intervención didáctica mediada por las TIC y, permitieron develar que los estudiantes poseen dificultades en familiarizarse con el problema, buscar estrategias, aplicarlas y revisar resultados; asimismo, encontramos que hay bases conceptuales débiles en el campo de la química, por lo cual, a pesar de los esfuerzos de la intervención identificamos obstáculos a nivel macro, micro y simbólico de la química.

**Palabras clave:** resolución de problemas, estequiometría, heurísticos, aprendizaje de la química.

## **ABSTRACT**

The main objective of this project is to describe stoichiometric problems resolution as an indicator of learning achievement in the area of chemistry. For that purpose, a qualitative and descriptive research based on Miguel Guzmán's model was used with the students. The analyses were conducted before and after a didactic intervention mediated by ITCs: These analyses revealed that the students often experience difficulties in becoming acquainted with the issue, seeking strategies and implementing them, and reviewing the findings. Furthermore, we found that there are weak conceptual foundations about chemistry, so, despite the efforts made during the intervention we identified many bottlenecks at the macro, micro and symbolic levels of chemistry.

**Keywords:** problem solving, stoichiometry, heuristics, learning chemistry.

## CONTENIDO

<b>1</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>10</b>
1.1	<b>DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>21</b>
2.1	<b>OBJETIVO GENERAL</b> .....	<b>21</b>
2.2	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> .....	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>JUSTIFICACIÓN</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>REFERENTE CONCEPTUAL</b> .....	<b>25</b>
4.1	<b>¿QUÉ ES RESOLVER UN PROBLEMA?</b> .....	<b>25</b>
4.2	<b>LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS</b> .....	<b>27</b>
4.2.1	Aportes realizados por George Pólya a la resolución de problemas ....	29
4.2.2	Aportes realizados por Alan H. Schoenfeld a la resolución de problemas.....	31
4.2.3	Aportes realizados por Miguel De Guzmán a la resolución de problemas.....	33
4.2.4	Aportes realizados por Tamayo, Zona y Loaiza a la resolución de problemas.....	37
4.3	<b>LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA</b> .....	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>43</b>
5.1	<b>ENFOQUE Y ALCANCE</b> .....	<b>43</b>
5.2	<b>POBLACIÓN Y CONTEXTO</b> .....	<b>44</b>
5.3	<b>UNIDAD DE TRABAJO</b> .....	<b>44</b>
5.4	<b>CONSIDERACIONES ÉTICAS</b> .....	<b>45</b>
5.5	<b>UNIDAD DE ANÁLISIS</b> .....	<b>46</b>
5.6	<b>TÉCNICAS Y FUENTES PARA RECOGER LA INFORMACIÓN</b> .....	<b>51</b>
5.7	<b>UNIDAD DIDÁCTICA</b> .....	<b>51</b>
5.8	<b>DISEÑO METODOLÓGICO</b> .....	<b>55</b>
5.9	<b>PLAN DE ANÁLISIS</b> .....	<b>56</b>
<b>6</b>	<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	<b>57</b>
6.1	<b>ANÁLISIS INICIAL</b> .....	<b>57</b>
6.1.1	Familiarización con el problema .....	57
6.1.2	Búsqueda de estrategias.....	61

6.1.3	Desarrollo de la estrategias.....	63
6.1.4	Revisión del proceso.....	65
<b>6.2</b>	<b>ANÁLISIS FINAL .....</b>	<b>67</b>
6.2.1	Familiarización con el problema .....	68
6.2.2	Búsqueda de estrategias.....	71
6.2.3	Desarrollo de la estrategia .....	73
6.2.4	Revisión del proceso.....	75
<b>6.3</b>	<b>ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA .....</b>	<b>77</b>
<b>6.4</b>	<b>¿CÓMO LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS ES UN INDICADOR DEL APRENDIZAJE EN QUÍMICA? .....</b>	<b>79</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>9</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>84</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Pensamiento crítico y resolución de problemas .....	27
Tabla 2 Fases de la resolución de problemas propuesta por Pólya .....	30
Tabla 3 Categoría y subcategorías de análisis en el estudio de la resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje en química .....	47

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Principales actividades de la unidad didáctica .....	54
Figura 2 Diseño metodológico .....	55
Figura 3 Red sistémica impacto de la intervención didáctica .....	78



## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE SERES VIVOS EN INVESTIGACIÓN .....	93
ANEXO 2 CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES .....	94
ANEXO 3 CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA MANEJO DE LA INFORMACIÓN .....	96
ANEXO 4 INSTRUMENTO INICIAL DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN ..	97
ANEXO 5 INSTRUMENTO FINAL DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN....	109

# 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Esta investigación tiene como propósito, caracterizar el proceso de resolución de problemas estequiométricos que alcanzan los estudiantes de grado 11°, para lo cual incluiremos un contexto de intervención mediado por las TIC a través de una página Web; esto, como posible evidencia del aprendizaje en química. Cabe aclarar que, en los cálculos estequiométricos para efectos de este trabajo, no incluiremos aspectos relacionados con comportamiento de gases ideales, disoluciones u otro tópico de la química. Para ello, planteamos el problema en función de dos aspectos: el primero referido a las evidencias que se han podido identificar en los años de experiencia como docente del área de química y, el segundo ateniendo a los antecedentes de investigación que reconocen la existencia de problemas latentes en el aula con relación a la categoría de investigación.

La experiencia docente, nos ha permitido observar que los estudiantes parecen tener cierta apatía y desinterés por aprender química, posiblemente, dado su grado de abstracción y complejidad. Asimismo, éstos tienen dificultades para transferir el conocimiento de la química a su contexto cotidiano, lo que implica dificultades para comprender o reconocer la importancia de la química en la vida cotidiana.

En el caso puntual de los estudiantes de grado undécimo de la institución educativa Miguel Antonio Caro, estos consideran que el aprendizaje de la química está limitada a la memorización del proceso para solucionar un ejercicio, ya sea mediante fórmulas o conceptos teóricos, por lo que no se logra evidenciar que estos comprendan cómo resolver un problema auténtico ni planteen estrategias para resolverlo en caso de que este involucre elementos propios del nivel de representación simbólico de la estequiometría. Estas dificultades se evidencian año tras año en los resultados de las evaluaciones de desempeño y en las pruebas Saber. Si bien es cierto, que esta problemática ha sido reiterativa, los esfuerzos por innovar en las estrategias didácticas no han reflejado resultados contundentes en términos de aprendizaje y desarrollo de habilidades como la resolución de problemas contextualizados.

Tomando como referente lo anterior, desde la resolución de problemas, podemos establecer que la problemática no está ligada únicamente al aprendizaje, sino también, a esa perspectiva de enseñanza tradicional de los maestros, que aun conciben que el aprendizaje de la química está limitada al desarrollo de ejercicios sin tener en cuenta el contexto de los estudiantes. Como consecuencia de lo anterior, los estudiantes no logran hacer una redescipción analítica y coherente de sus experiencias ya que solo recurren a la memorización para intentar solucionar el cálculo estequiométrico y obtener un resultado cuantitativo; en pocas palabras, se les dificulta inicialmente la comprensión del problema.

En la actualidad, la institución educativa no cuenta con los recursos tecnológicos necesarios como una red de internet, lo cual no ha favorecido el uso de algunas herramientas virtuales para la comprensión de diversos aspectos teórico-prácticos en ejes temáticos como la estequiometría, también contamos con artefactos tecnológicos como tablets y portátiles que pueden ofrecer una alternativa en el uso de alguna herramienta offline.

Ahora bien, algunas investigaciones muestran dificultades en la enseñanza y el aprendizaje de la estequiometría y la química en general, dado que es una ciencia abstracta y compleja para los estudiantes; no obstante, cabe aclarar que son pocas las investigaciones que focalizan su atención en la estequiometría.

Wood y Breyfogle (2006) y Sanger (2005), exponen que la mayoría de estudiantes son capaces de resolver ejercicios estequiométricos tradicionales como los que aparecen en los libros de texto; sin embargo, al aumentar el grado de dificultad de las preguntas o al cambiar el formato de presentación del problema, tienen dificultades en la resolución de los ejercicios. Asimismo, Wood y Breyfogle (2006) reconocen que los estudiantes pueden resolver preguntas conceptuales de estequiometría e incluso balancear ecuaciones y determinar coeficientes estequiométricos, pero tienen muchos obstáculos a la hora de entender los conceptos como reactivo limitante.

Desde el punto de vista del lenguaje en químico en estequiometría, Galagovsky y Giudice (2015) realizaron una investigación que muestra los errores que cometen los estudiantes a la hora de transferir los lenguajes químicos expertos a formatos sintácticos

específicos (el paso del lenguaje simbólico a un problema); es decir, que los estudiantes tienen dificultades al interpretar los niveles micro, macro y simbólico en química.

Lo anterior, se traduce entonces en una problemática relacionada con el aprendizaje de la estequiometría, pero es importante resaltar el desempeño de los profesores en su proceso de enseñanza. Diferentes investigaciones, por ejemplo, ponen de manifiesto que las prácticas didácticas constituyen un factor determinante en el aprendizaje de los estudiantes, pues como lo expresa Campanario (2003), los profesores tienen creencias, ideas y prejuicios que influyen en las formas de enseñar y aprender. Asimismo, el autor señala que estos puntos de vista de los docentes inciden en el desarrollo de las estrategias de enseñanza; por tanto, de allí se derivan obstáculos en el proceso de aprendizaje de la química.

Sobre lo anterior, Obando (2013) puntualiza que la enseñanza tradicional de la estequiometría es una de las causas por las que se generan obstáculos en el aprendizaje de los estudiantes, mientras que autores como Arasasingham, Taagepera, Potter y Lonjers (2004) señalan que es posible que en la práctica docente exista una incompleta comprensión de las ecuaciones químicas y su relación con las situaciones prácticas; esto, se refleja en el uso constante de ejercicios estequiométricos de los libros de texto y no en la puesta en práctica de problemas auténticos o cercanos a la realidad. Gabel (1993) señala, además que estos obstáculos son consecuencia de los maestros poner el énfasis en el nivel simbólico y en la resolución de problemas algorítmicos, en lugar de emplear fenómenos cercanos a la vida cotidiana de los estudiantes.

Por una parte, la literatura reporta las dificultades que enfrentan los alumnos de nivel bachillerato en su curso de química respecto a un lenguaje químico altamente simbólico y formalizado, lo que conlleva a que el aprendizaje no tenga significado para los estudiantes (Obando, 2013, Benítez, Castañeda y Sánchez, 2020).

Por otra parte, Martínez (2011) expresa que muchas de las dificultades que tienen los estudiantes con respecto a la química tienen un origen representacional que presentan los modelos de estructuras internas de la materia, inaccesible a los sentidos. Al respecto, Pozo y Gómez (1998, p.153) describen algunas dificultades en el aprendizaje de la química:

1. Concepción continua y estática de la materia, se ve representada como un todo indiferenciado.
2. Indiferenciación entre cambio físico y cambio químico.
3. Atribución de propiedades macroscópicas a átomos y moléculas.
4. Identificación de conceptos como sustancia pura y elemento.
5. Dificultades para comprender y utilizar el concepto de cantidad de sustancia.
6. Dificultades para establecer las relaciones cuantitativas entre: masas, cantidades de sustancia, número de átomos, etc.
7. Explicaciones basadas en el aspecto físico de las sustancias implicadas a la hora de establecer las conservaciones tras un cambio de la materia.
8. Dificultades para interpretar el significado de una ecuación química ajustada.

Teniendo en cuenta lo anterior, también se reconoce como obstáculos de aprendizaje de la estequiometría el adquirir un nuevo lenguaje simbólico y formalizado, a veces críptico para el que se inicia en esta disciplina (Galagovsky, Rodríguez, Stamati y Morales, 2003).

Sevilla (2003) y Martínez (2011), señalan que el código químico posee un significado o contenido que puede ser reconocido por el emisor y el receptor, es un código restringido (muy específico del campo), por lo que, para un químico, por ejemplo, un símbolo encierra mucho significado; sin embargo, no ocurre lo mismo con el estudiante, quien probablemente, no “lea” más información que la que le proporcionan sus sentidos. Por ejemplo, para un estudiante NaCl es la sal blanca soluble en agua, de sabor acre, utilizada para condimentar los alimentos (Martínez, 2011), mientras que un químico encuentra en ella mucha información enmarcada en los tres niveles (macroscópica, microscópica y simbólica).

Comprender entonces la estequiometría, supone relacionar las proporciones de partículas que participan en la reacción y las proporciones de masa macroscópicas que se pueden medir en una balanza y todo, a través de un marco simbólico dado en una ecuación (Martínez, 2011). Esto, fue sin duda complejo en la historia de la química, así que mucho más debe serlo para los estudiantes.

Otra dificultad en el aprendizaje de la estequiometría tiene que ver con el uso de conceptos como masa molar, volumen molar o número de partículas, por lo que los estudiantes prefieren emplear nociones más cercanas a su percepción directa. Al respecto, el mol ha sido objeto de varios trabajos de investigación en el campo de la didáctica porque constituyen un obstáculo que incide en el aprendizaje de la estequiometría; es decir, en los aspectos cuantitativos de la reacción química (Martínez, 2011). Estas dificultades no se relacionan tanto con el uso del cálculo proporcional, sino que más bien parecen originarse en las concepciones erróneas que los mismos docentes tienen acerca del concepto de cantidad de sustancia y del de mol (Padilla et al., 2005; Rogado, 2004; Santa Ana, Cárdenes y Martínez, 2002; Furió et al., 2002; Furió y Furió, 2000).

Furió et al., (2002) presenta los aspectos problemáticos con relación a la enseñanza y el aprendizaje de conceptos estequiométricos:

1. En la enseñanza:

- Los conceptos cantidad de sustancia y mol son introducidos a los estudiantes de manera descontextualizada del problema histórico que los generó, sin atender al cambio epistemológico que estos mismos conceptos sufrieron a lo largo de la historia.
- El concepto de cantidad de sustancia no es introducido en la mayoría de los programas de enseñanza de la química. Se suele identificar esta magnitud con la masa o con la constante de Avogadro y no se atiende a su significado actual de magnitud que sirve para contar partículas.
- La cantidad de sustancia y su unidad, el mol, se confunden con otros conceptos tales como la masa molar o la constante de Avogadro.

2. En el aprendizaje, los estudiantes:

- Carecen de una concepción científica del mol.
- Frecuentemente identifican al mol con una masa, con un volumen o con un número de entidades elementales.

- Desconocen el significado de la magnitud “cantidad de sustancia”, no identifican al mol como su unidad y evitan su manejo significativo.
- Confunden con frecuencia el nivel macroscópico de representación (masa molar) con el nanoscópico (masa atómica y masa molecular).

Ahora bien, sobre la resolución de problemas estequiométricos. Martínez (2011), señala en primer lugar que los enunciados que involucran cálculos estequiométricos constituyen un grupo especial de actividades que propone el docente para que los estudiantes pongan en juego sus conocimientos y encuentre un resultado a través de una formalización matemática. No obstante, aunque los profesores los llamen problemas, esta denominación no es acertada dado que se constituyen principalmente en ejercicios de lápiz y papel. Esto ocurre, principalmente, porque como lo dicen Koedinger y Nathan (2004) un problema requiere una alta demanda cognitiva y de mucha complejidad, dividido en una fase de comprensión y una de solución; sin embargo, los docentes focalizan su atención en la solución y no en el proceso, que incluye la comprensión del problema por parte del estudiante.

Acerca de los problemas, la lectura y comprensión de los mismos, parece constituirse en el primer obstáculo por parte de los estudiantes, pues dependiendo de los que ellos logren decodificar podrán o no resolver el problema (Meyer y Hagerty, 1996; Sánchez, 1995; Nathan y Kintsch, 1992; Pérez, Gallego y Torres (2005); Buteler y Gangoso, 2001; Neto y Valente, 2001).

Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan a continuación algunas investigaciones relacionadas con la resolución de problemas y la química.

Gómez (2018), realizó una investigación cuyo propósito fue identificar las relaciones que se establecen entre la resolución de problemas y el aprendizaje de reacciones químicas en los estudiantes de la Universidad Católica de Manizales. La autora manifiesta que una de las situaciones que se presentan en la enseñanza y aprendizaje de conceptos químicos está relacionada con la comprensión de las reacciones químicas; pues es común percibir que la mayoría de los estudiantes construyen explicaciones teniendo en cuenta

hechos observables y muy pocos lo hacen desde el punto de vista microscópico, lo cual denota una dificultad en el aprendizaje de la estequiometría.

Mediante el trabajo se pudo evidenciar la relación que se establece entre la resolución de problemas y el aprendizaje del concepto de reacciones químicas en los estudiantes universitarios. A partir de los modelos explicativos y la propuesta heurística de resolución de problemas de Tamayo, et al (2014), se logró que pasaran de la redescrición de la experiencia y de enunciar el problema a describir el experimento según sus observaciones, esto, utilizando datos de las instrucciones para justificar sus respuestas e identificando una o dos variables sin realizar algún tipo de relaciones entre ellas. Según las recomendaciones establecidas por la investigadora, es de vital importancia desarrollar este tipo de investigación en otros temas de química, con el fin de que los estudiantes asuman otro encuentro con el aprendizaje y la resolución de problemas.

Por otra parte, Benavides, Benavides y Rojas (2017) realizaron una investigación cuyo propósito fue promover la argumentación a través de la resolución de problemas de los estudiantes en su entorno y aula, desde el diseño y aplicación de una unidad didáctica para el tema *la materia y sus estados de agregación*.

Se pudo evidenciar a partir de esta investigación, una evolución en el aspecto comprensivo de los estudiantes con relación al concepto de materia y su influencia en los procesos de transformación de la naturaleza, promoviendo en éstos actitudes de cuidado de su entorno. A nivel resolutivo de problemas, se lograron avances importantes, ya que, a partir de los instrumentos utilizados como las prácticas de laboratorio, los estudiantes plantearon problemas de su entorno, cotidianidad y necesidades, pasando de un porcentaje mínimo del 15 % a un 60 %.

En el ejercicio realizado, aplicando el nivel 2 en las categorías de Tamayo de resolución de problemas, se evidenciaron resultados iniciales bajos y por ello se recomienda que la dinámica debe ser continua para lograr que los estudiantes relacionen propuestas y se acerquen más a soluciones pertinentes a la problemática planteada. No se logró pasar del 30% de avance en los estudiantes, por ello, se recomiendan nuevas intervenciones que deben llevar a profundizar en estos niveles de resolución de problemas a



estudiantes de grados mayores de escolaridad. Teniendo en cuenta estos resultados, reconocemos que es importante seguir investigando a partir de la aplicación de estrategias que permitan mejorar la resolución de problemas en el ámbito de la química.

Valderrama y Gonzáles (2010) realizaron una investigación cuyo propósito fue determinar los cambios que se presentan en estudiantes del curso 1 de química inorgánica de la pontificia universidad católica del Perú al solucionar problemas relacionados con cálculos estequiométricos cuando se aplican estrategias de trabajo colaborativo articuladas con el modelo de ABP. Los autores expresan que existen dificultades que presentan los estudiantes en el aprendizaje de estequiometría, así como las dificultades que enfrentan los profesores al enseñar dicho tema. El problema se hace evidente en los bajos puntajes obtenidos por los estudiantes en las preguntas relacionadas con estequiometría, ya sea en las prácticas calificadas o en los exámenes del curso.

Además de encontrar que el trabajo colaborativo logró que los estudiantes realizaran por sí mismos el proceso de razonamiento involucrado en la resolución de problemas básicos, en lugar de que estuvieran limitados a seguir el razonamiento de la profesora en la pizarra, evidenciaron que cuando se trata de solucionar problemas con un alto nivel de complejidad, aun cuando se les proporciona preguntas guiadas para organizar sus ideas, se les dificulta resolver el problema. Por esto, reconocemos que es importante seguir explorando nuevas alternativas o estrategias en el aula que le permitan a los estudiantes resolver problemas de forma planificada y coherente.

Por otro lado, García, Esquivel, Hernández, Gómez y Frunz ( 2009) realizaron una investigación cuyo propósito fue determinar los cambios que se presentan en estudiantes del curso de química general de la escuela Superior de Ingeniería Química del Instituto Politécnico Nacional (ESIQIE-IPN) de México en la interpretación de enunciados de problemas relacionados con cálculos estequiométricos cuando se diseñan problemas orientados a la toma de decisiones y formulación de preguntas orientadoras.

Este trabajo se realizó con el fin de ofrecer una alternativa de solución a la problemática de la escasa interpretación de enunciados en problemas de estequiometría que presentan los estudiantes de la ESIQIE-IPN. Siendo esta investigación de tipo cualitativa y

descriptiva, los autores utilizaron como método, el planteamiento de problemas que condujeran al estudiante a desarrollar estrategias de resolución de los mismos por medio de la traducción del lenguaje verbal, simbólico, científico y algebraico, condición considerada para los autores, como indispensable para la fase de planteamiento, interpretación y comprensión de una situación problemática.

Se logró comprobar a partir del trabajo de García et al., (2009), que los estudiantes logran resolver problemas con mayor eficiencia cuando el docente diseña enunciados de situaciones problemáticas que promueven el razonamiento y la comprensión de la información, evitando el manejo memorístico de fórmulas y algoritmos de resolución. Por lo anterior, reconocemos que se deben continuar diseñando estrategias en el aula que le permitan a los estudiantes interpretar los enunciados de problemas estequiométricos y de esta forma se fortalezca la habilidad de resolución de problemas.

Garriz e Irazoque (2004) desarrollaron una propuesta metodológica de enseñanza cuyo propósito fue promover la articulación entre tres enfoques: la enseñanza de las ciencias basada en la resolución de problemas, el cambio conceptual como punto de partida de las ideas constructivistas y el aprendizaje de las ciencias como un proceso de investigación dirigida, para lograr un aprendizaje integrado de la temática “química de polímeros”

La metodología utilizada en esta investigación fue de tipo cualitativo y descriptiva y, se utilizaron 3 actividades experimentales articuladas con preguntas clave para dar respuesta finalmente a la pregunta: *¿Cómo se diseñan las estructuras de los polímeros para cumplir con las propiedades que deseamos que tengan?* Con la aplicación de esta propuesta, se logró que los estudiantes construyeran su propio aprendizaje por medio de la solución de las preguntas clave en el transcurso de las actividades experimentales, lo cual se evidenció en respuestas coherentes que dan cuenta de la utilización del análisis para resolver el problema central relacionado con el diseño de estructuras de polímeros.

Esta propuesta se considera un aporte a la didáctica de las ciencias, para que aquellos docentes que orienten la asignatura de química, no solo en niveles de bachillerato y superior, exploren y apliquen actividades experimentales que permitan fortalecer el

análisis como insumo para resolver problemas contextualizados. Desde los resultados evidenciados en esta propuesta, reconocemos que es importante utilizar actividades experimentales de forma secuencial ya que no solo permiten la construcción del aprendizaje, sino también, el fortalecimiento de la habilidad para resolver problemas contextualizados.

Serrano y Toro (2003), por su parte, realizaron una investigación cuyo propósito fue determinar los cambios que se presentan en estudiantes de ingeniería química al solucionar problemas relacionados con cálculos estequiométricos cuando se aplica una metodología centrada en mapas conceptuales como estrategia de enseñanza, para fortalecer la habilidad de resolución de problemas.

La problemática a solucionar desde esta investigación radicó en el grado de dificultad que presentan los estudiantes de primer año de la carrera de ingeniería química de la Universidad Nacional de Salta (Argentina) para solucionar problemas relacionados con cálculos estequiométricos, debido a su alto grado de abstracción y a la ausencia de la capacidad para relacionar los contenidos conceptuales con los procedimientos y estrategias requeridas para la resolución de éstos. La puesta en escena de este método obtuvo como resultado, un avance significativo en la resolución de problemas, ya que, a partir de la explicación magistral de los conceptos básicos por medio de un mapa conceptual, los estudiantes lograron establecer relaciones entre los contenidos y las características del enunciado del problema a resolver. Asimismo, los estudiantes que realizaron mapas conceptuales previamente al desarrollo del problema lograron organizar sus ideas, planificaron correctamente las etapas a seguir en la solución de este y explicaron el proceso realizado. Según las recomendaciones de los autores, es importante incluir mapas conceptuales como herramienta de organización de ideas en la enseñanza de la estequiometría, ya que a partir de la elaboración de éstos por parte de los estudiantes se facilita el fortalecimiento de la habilidad para resolver problemas.

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, podemos concretar el problema de investigación en los siguientes aspectos:

1. Dificultades para diferenciar aspectos macro y submicroscópicos de la materia, esto, sin dejar de lado la complejidad de conceptualizar el término mol (Lazonby, Morris, y Waddington, 1982).

2. Dificultades para entender acerca de la cantidad de sustancia, lo cual es el resultado de la baja apropiación conceptual relacionada con términos como mezcla, compuesto, átomo y molécula (Dierks, 1981).

3. Obstáculos relacionados con el cálculo matemático (Landau y Lastres, 1996).

4. La comprensión de las cantidades de masa involucrada en una reacción química como reactivos o productos generan gran incertidumbre en el razonamiento del problema presentado (Landau y Lastres, 1996).

5. Dificultad para solucionar problemas relacionados con cálculos estequiométricos debido no solo a su grado de abstracción, sino a la dificultad para relacionar los contenidos conceptuales con los procedimentales (Serrano y Toro 2003).

Teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, proponemos la siguiente pregunta de investigación:

*¿Cómo la resolución de problemas estequiométricos es un indicador del aprendizaje en química?*

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar cómo la resolución de problemas estequiométricos es un indicador del aprendizaje en química.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar los procesos iniciales llevados a cabo por los estudiantes de 11° para resolver problemas estequiométricos.

- Describir el cambio en los procesos de resolución de problemas de estequiometría, llevados a cabo por los estudiantes, una vez aplicada la unidad didáctica mediada por las TIC.

- Reconocer cómo a medida que los estudiantes resuelven problemas estequiométricos van dando cuenta de mejores comprensiones de la química.

### 3 JUSTIFICACIÓN

En esta propuesta de investigación, pretendemos desarrollar la resolución de problemas estequiométricos y, a la vez, desarrollar un mejor aprendizaje en química. Para ello, proponemos el diseño de una intervención didáctica mediada por TIC, específicamente de una página Web.

Esta investigación es importante porque permite en primer lugar favorecer el proceso de aprendizaje de los estudiantes en el área de la química y, en segundo lugar, porque puede posibilitar innovación en el proceso de enseñanza.

Proponemos esta apuesta investigativa porque la enseñanza de las ciencias exactas como la química no es una tarea fácil, ya que requiere por parte del docente, no solo de su conocimiento y experticia en dicha asignatura, sino también, de una planificación de aula coherente, sistemática e innovadora, valiéndose de diversas estrategias didácticas que, desde su ejecución, permitan crear escenarios adecuados para que los estudiantes desarrollen habilidades como la resolución de problemas.

Pese a los constantes esfuerzos realizados por el MEN y los maestros en el diseño de estrategias que fortalezcan los procesos de enseñanza y aprendizaje en el aula, aún se evidencia una población considerable de estudiantes con dificultades para resolver problemas tanto en niveles de media académica como en educación superior. Por ello, pretendemos desde la ejecución de este trabajo, que los estudiantes de grado undécimo de la institución educativa Miguel Antonio Caro, resuelvan problemas de estequiometría, lo cual conlleva al desarrollo de la habilidad, así como al logro de aprendizajes de la química en general. A mediano y largo plazo, esperamos que los estudiantes alcancen mejores resultados en las pruebas internas y externas, así, como que aprendan a usar el lenguaje propio de la química en diversos escenarios.

Acercas de las TIC, sin lugar a duda se han convertido en esta era tecnológica, en una alternativa eficaz para fortalecer los procesos de enseñanza y aprendizaje, ya que permite no solo despertar el interés y la motivación en los estudiantes, sino también fomentar la autonomía por el aprendizaje en los mismos. Desde esta perspectiva, se puede considerar de gran utilidad, contar con una herramienta virtual que le ofrezca al estudiante

diversas actividades de aprendizaje enfocadas en el fortalecimiento de la habilidad para resolver problemas, y que adicionalmente, pueda ser descargada en las tabletas y equipos portátiles de la institución ya que son los únicos recursos tecnológicos con los que se cuenta actualmente.

Tomando como referente lo anterior, esperamos que una intervención didáctica mediada por las TIC en el ámbito de la química ayude a disminuir los obstáculos que presentan los estudiantes a la hora de resolver problemas contextualizados que evoquen el uso de cálculos estequiométricos, y a su vez, alcancen los desempeños esperados. Esto es que, los estudiantes de grado undécimo (11<sup>o</sup>) de la institución educativa Miguel Antonio Caro además de resolver problemas estequiométricos, encuentren sentido a ellos a la luz de sus experiencias cotidianas y puedan mejorar los resultados en las pruebas Saber 11.

Además de aportar al logro de aprendizajes, esta investigación puede constituirse en un ejercicio orientador de la práctica de los maestros de ciencias naturales, específicamente de quienes orientan la asignatura de química orgánica y, quienes han encontrado dificultades en su proceso de enseñanza, así como obstáculos conceptuales, ontológicos y motivacionales por parte de los estudiantes.

Considerando todo lo expuesto anteriormente, la ejecución de esta propuesta será beneficiosa para maestros y estudiantes en la asignatura de química, específicamente en lo relacionado con la estequiometría. También será una oportunidad para aportar al desarrollo de la habilidad de resolución de problemas desde aspectos como: la comprensión de problemáticas en contexto, la planeación de formas para resolverlo, el uso de heurísticos, la identificación de las propias dificultades por parte de los estudiantes, entre otras. Esto, sin duda, es un aporte también a la didáctica de las ciencias, en la cual se impacte una dimensión del aprendizaje (resolución de problemas) y se aporte al desarrollo de la motivación para aprender.

Finalmente, la presente propuesta tiene como novedad el tratamiento de la resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje de la química, dado que escasos trabajos lo abordan como unidad y los trabajan como categorías independientes. Por ello, esperamos que el trabajo aporte elementos teóricos y

metodológicos para la comprensión de la resolución de problema no como una simple estrategia didáctica, sino como la posibilidad de ser un factor del aprendizaje en la química.



## 4 REFERENTE CONCEPTUAL

Son numerosos y diversos los aportes de investigadores que, en la actualidad han sido tomados como referentes para los desarrollos teóricos en torno a la influencia de la habilidad de resolución de problemas, como estrategia para facilitar y fortalecer el aprendizaje de algunas temáticas propias de las ciencias exactas como las matemáticas, la física y la química. A continuación, se mencionan algunos exponentes con sus respectivos desarrollos teóricos, cuyo aporte desde la resolución de problemas, consideramos fundamental para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, evidenciamos algunas posturas teóricas surgidas de investigaciones relacionadas con el aprendizaje de la química, con el fin de establecer la viabilidad del anclaje de la habilidad de resolución de problemas como estrategia, al aprendizaje de la estequiometría.

Teniendo en cuenta la pregunta problema y los objetivos propuestos, cabe aclarar que el estudio de la habilidad de resolución de problemas se llevará a cabo a través de la propuesta de trabajo desarrollada por De Guzmán (2007). Asimismo, entendemos en este trabajo el aprendizaje de la estequiometría como el cambio en la habilidad para resolver problemas estequiométricos.

### 4.1 ¿QUÉ ES RESOLVER UN PROBLEMA?

García (1998, 2003) señala que los profesores y estudiantes tienden a confundir ejercicios con problemas, asignando a las primeras categorías de problemas, pero únicamente para que los estudiantes apliquen formalizaciones elaboradas a partir de las teorías y conceptos. Consideramos al respecto, que los ejercicios serían entonces meras aplicaciones de la teoría y no permiten al estudiante poner en juego habilidades o transferir los conocimientos de un campo a la vida cotidiana.

Pomés (1991), explica que los problemas tienen una alta exigencia, dado que es algo desconocido por el sujeto hasta ese momento, en cambio, los ejercicios son útiles como herramientas para que los estudiantes automaticen procedimientos. Teniendo clara esta distinción, consideramos que ambos son necesarios en el proceso de enseñanza y aprendizaje, especialmente de la química, pues en el caso de la estequiometría es necesario

el reconocimiento de rutinas que permitan el logro de un resultado; es decir, los ejercicios. También, la resolución de problemas es importante, dado que desarrolla habilidades e incluye procesos de conducta y pensamiento dirigido a la ejecución de una tarea intelectualmente exigente (García, 2003).

Algunos autores manifiestan que el término “resolver problemas” no debería ser utilizado porque enfatiza en obtener una solución y que posiblemente sea preferible usar el término de “enfrentarse a problemas” (Garret, 1988). Sin embargo, consideramos que cualquiera que sea el término empleado lo importante es como se aplique; es decir, verlo como una unidad y entender que más importante que llegar a una solución es reconocer el camino seguido para resolverlo. Teniendo en cuenta esto, García (2003) señala que resolver un problema puede ser explicado desde tres puntos de vista: 1) según el objetivo que se le asigne, 2) según los procesos cognitivos involucrados y 3) según las particularidades de la resolución de problemas.

Atendiendo a lo anterior, consideramos que la siguiente propuesta, recoge elementos de los tres puntos de vista. Del primero porque como lo establece Garret (1989) solucionar problemas es pensar creativamente y hallar una solución a un problema, es un acto productivo y, en este trabajo exponemos a los estudiantes a problemas intelectualmente complejos y que requieren pensar. Con relación al segundo, es claro que los problemas propuestos antes, durante y después de la intervención tienen que ver con una serie de procesos cognitivos tales como identificar, comparar, clasificar, resumir, representar, relacionar variables y elaborar conclusiones (García, 1998). Y finalmente con las particularidades de la resolución de problemas, dado que son de dominio específico de la química y porque implica "la transformación de un estado inicial en el cual los alumnos no puede hacer ciertas cosas en un estado final para que puedan hacer estas cosas" (Relf, 1983, citado por García, 1998).

Finalmente, el aprendizaje desde la resolución de problemas en química favorece el aprendizaje de conceptos (Cala, Mariño y Casas, 2009), así como el desarrollo de habilidades para enfrentar situaciones no rutinarias, lo que demanda reflexión, búsqueda de información, cuestionamientos y toma de decisiones para emitir una respuesta analizada y

definida, una estrategia de solución, por lo que consideramos oportuno investigar esta categoría en la presente propuesta.

#### 4.2 LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

A continuación, presentamos los aportes realizados por algunos autores, que, desde sus investigaciones en el desarrollo de la habilidad de resolución de problemas, han sido tomados como referentes para el desarrollo de este trabajo. La resolución de problemas es una categoría ampliamente explorada por investigadores en el campo de la didáctica de las ciencias, especialmente, Tamayo Zona y Loaiza (2016) consideran esta dimensión, de especial relevancia para la formación del pensamiento crítico, así como una intrincada relación, tal como lo muestran Zona y Giraldo (2017) en la tabla 1:

**Tabla 1 Pensamiento crítico y resolución de problemas**

<b>Pensamiento crítico</b>	<b>Resolución de problemas</b>
Integra un conjunto de actividades cognitivas.	Es una actividad cognitiva (Laskey y Gibson, 1997).
Incluye razonamientos de problemas abiertos.	Más reducida en su amplitud (Armstrong y Stanton, 2005).
Busca una representación posible de la situación.	Pretende obtener soluciones específicas (Campos, 2007).
Proceso explorativo de ampliación.	Un proceso de estrechamiento progresivo (Kennedy, 1991).

Fuente: Zona y Giraldo (2017, p. 127)

Las investigaciones sobre el proceso de resolución de problemas se remontan a la década de los 50, donde se diseñaron estrategias para mejorar la capacidad para resolver problemas en los estudiantes universitarios (García, 2003). Se concluyeron con todas estas investigaciones que a los estudiantes se les debía enseñar a resolver problemas, focalizando la atención en el proceso y no en el resultado. También se concluyó que un buen resolutor de problemas o un estudiante exitoso al resolver un problema debe tener la información adecuada sobre el proceso y la información específica del campo de conocimiento (García, 1998, 2003; Bloom y Broder 1950). Desde ese momento, la

resolución de problemas se ha convertido en una línea de investigación, a partir de la cual se han dado distintos enfoques:

- La resolución de problemas como estrategia para generar cambios conceptuales, metodológicos y actitudinales (Gil, Martínez y Pérez, 1988).
- La organización cognoscitiva del conocimiento y la capacidad para resolver problemas (Kempa 1986, Palacios y López Ruperez 1992).
- Contrastar mecanismos entre expertos y novatos (Salvat 1990)
- Diseño de heurísticos (García, 2003)
- Creatividad para resolver problemas (Garret, 1988).

Los problemas se entienden de distintas maneras. Es una situación para la cual no es posible dar una respuesta y para la que se desconoce cómo se podría hallar esa respuesta. (Hayes, 1980). Una circunstancia en la que se desconoce la secuencia de acciones para dar una resolución (Saiz, 2009). Elaborar una estrategia sin saber exactamente cómo (Wheatley, 1984). Por su parte, Orton (1996) la define como el inicio de un proceso que estimula a la combinación de elementos cognitivos, conceptos, procedimientos, reglas, ideas previas para abordar y dar solución a una situación planteada.

Desde la didáctica de las ciencias es posible encontrar diferentes perspectivas sobre la resolución de problemas. Simón (1984, citado por Tamayo et al., 2016) por su parte, expresa que enfrentarse a resolver problemas es la mejor forma de manifestar las capacidades cognitivas de los sujetos. García (2003) señala que la resolución de problemas genera cambios en las formas de ver y pensar desde esferas como la cognitiva y la afectiva, logrando dominio de saberes específicos. Zona y Giraldo (2017), manifiestan que desde la didáctica de las ciencias es posible encontrar dos perspectivas: la resolución como un fin y no como un medio para el aprendizaje y, limitar el objetivo de la resolución al aprendizaje de heurísticos, lo cual, supone desvincularla del proceso de construcción de conceptos y teorías.

Teniendo en cuenta las definiciones abordadas hasta el momento, consideramos oportuno destacar que la resolución de problemas puede verse como una competencia

ligada al pensamiento (crítico desde la perspectiva de autores como Tamayo et al., 2016, Zona y Giraldo, 2017) y que tiene una serie de habilidades asociadas tales como la interpretación, el análisis, la síntesis, la toma de decisiones, etc. Asimismo, la resolución de problemas es de dominio específico de conocimiento, pues tal como lo mencionó García (1998, 2003), para resolver un problema es necesario tener información del campo de conocimiento, para nuestro caso, de estequiometría.

Ahora bien, es importante establecer la distinción entre resolver un problema y un ejercicio, dada la importancia que reviste para nuestro trabajo, pues, en el caso de la química, tienden a usarse como sinónimos, lo que trae como consecuencias dificultades en el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Ahora bien, en la didáctica de las ciencias, se presentan diversas perspectivas frente a la resolución de problemas, entre las cuales destacamos los trabajos de George Pólya, Alan Schoenfeld, De Guzmán y Tamayo et al., (2016) los cuales describimos a continuación. Es importante aclarar que, si bien los tres primeros autores mencionados no son del campo de la química, son reconocidos en el campo de la didáctica y sus propuestas se han transferido a diferentes campos de conocimiento.

#### **4.2.1 Aportes realizados por George Pólya a la resolución de problemas**

Consideramos importante hacer alusión a los desarrollos teóricos de George Pólya, (1957) quien a través de sus investigaciones y publicaciones como la de su primer libro titulado "*How to solve it*", desarrolla una serie de estrategias importantes en la resolución de problemas, con lo cual potencia la construcción de una nueva metodología en los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. A partir de ello, Pólya (1957) plantea 4 pasos lógicos que deben realizar los estudiantes para resolver un problema:

**Tabla 2 Fases de la resolución de problemas propuesta por Pólya**

Fases	Parámetros
Comprender el problema	Se reúne información mediante preguntas como ¿cuál es la incógnita?, ¿cuáles son los datos?, ¿cuáles son las condiciones?, ¿es posible satisfacerlas?, ¿son suficientes para determinar la incógnita, o no lo son? ¿Son irrelevantes, o contradictorias?, etc.
Diseñar un plan	El sujeto utiliza la experiencia pasada para encontrar un método de solución y se pregunta ¿se conoce un problema relacionado?, ¿se puede replantear el problema?, ¿se puede convertir en un problema más simple?, ¿se pueden introducir elementos auxiliares?, etc.
Ponerlo en práctica	Requiere que el sujeto ponga en práctica el plan elaborado comprobando cada uno de los pasos aplicar el plan, controlar cada paso, comprobar que son correctos.
Examinar la solución	El sujeto comprueba el resultado utilizando otro método o viendo cómo todo encaja, y se pregunta: ¿puedo utilizar este resultado o este método para resolver otros problemas?

Fuente: Pérez (2008)

Tomando como referente lo expuesto anteriormente por Pérez (2008) con base a los desarrollos teóricos de Pólya, podemos afirmar que es de vital importancia generar en los estudiantes la habilidad para resolver problemas, ya que el hecho de que éstos apliquen permanentemente las fases mencionadas anteriormente les va a favorecer, no solo, la comprensión del problema, sino también, el aprendizaje, renunciando a esa imagen abstracta, insignificante e imposibilitada de aprender ciencias exactas. Sin embargo, señalamos, que, si bien fue pionero en el proceso, las estrategias propuestas pueden resultar limitadas, dado que no involucra elementos afectivos y metacognitivos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es importante que el estudiante inicialmente genere interés por la solución de ese problema al concebirlo como “trabajable”, y de esta forma, la motivación lo conduzca a desarrollar los pasos siguientes que le permitan al final, comprobar los resultados de sus procesos de razonamiento y afianzar dicha habilidad para resolver problemas similares.

#### **4.2.2 Aportes realizados por Alan H. Schoenfeld a la resolución de problemas**

Para Schoenfeld (1985), las investigaciones realizadas por Pólya, presentan insuficiencias con relación a las estrategias propuestas para resolver problemas, sostiene que este proceso es más complejo e involucra más elementos, incluso de carácter emocional- afectivo, psicológico, sociocultural, entre otros; es decir, se encontró con obstáculos (Pérez, 2008). Al final publicó mucho sobre lo que llamó aspectos metacognitivos.

Al respecto, Pérez (2008) afirma

Para que un alumno aprenda a resolver problemas matemáticos, de una manera correcta, no es suficiente que resuelva más y más problemas, no es suficiente conocer más y más estrategias. Tener estrategias es como un obrero que tiene una caja de instrumentos, por ejemplo, un carpintero que, cuando tiene que hacer un trabajo utiliza un instrumento u otro y, a veces, no sabe si utilizar uno u otro, no sabe si irá bien o no. (p. 23)

Respecto a lo anterior, consideramos importante que el docente promueva en el aula, actividades que no solo propendan por la búsqueda permanente de estrategias, sino también, que le permitan al estudiante evaluar gradualmente los resultados de su proceso de resolución, y de esta forma, reconozca que estrategias de resolución serán aptas o inadecuadas para resolver otros problemas.

Fonseca, Curbeira y Hernandez (2019) plantean que un problema puede considerarse además como una proposición que se formula para a partir de ciertos datos conocidos, hallar el valor numérico o resultado correspondiente a la cuestión o pregunta planteada, a su vez, Schoenfeld (1993), se refiere a los problemas, como las situaciones

que son verdaderamente problemáticas y que no se tiene a mano un procedimiento de rutina para la resolución, se considera además que son situaciones que no sólo preparan a los estudiantes para resolver los problemas actuales, sino, forman y desarrollan sus particularidades que les permitan resolver, creadoramente.

Pérez (2008) indica que Schoenfeld, a partir de los estudios realizados por Pólya, se ha dedicado a proponer actividades de resolución de problemas que se pueden desarrollar en el aula, propiciando situaciones semejantes a las condiciones que los matemáticos experimentan en el proceso de desarrollo de resolución de problemas. Estas son (p. 26):

- *Análisis*: trazar un diagrama, examinar casos particulares y probar a simplificar el problema.
- *Exploración*: examinar problemas esencialmente equivalentes, examinar problemas ligeramente modificados, examinar problemas ampliamente modificados.
- *Comprobación de la solución obtenida*: ¿verifica la solución los criterios específicos siguientes?, ¿utiliza todos los datos pertinentes?, ¿Está acorde con predicciones o estimaciones razonables?

Tomando como referente lo expuesto anteriormente por Pérez (2008), con base a los desarrollos teóricos de Schoenfeld, consideramos que la inclusión de una etapa de control y comprobación de aquellos resultados obtenidos en la resolución de problemas es de suma importancia, ya que permite al estudiante identificar falencias durante las fases de resolución, y por tanto, replantear nuevas posibilidades o estrategias que le permitan resolver el problema oportunamente. Esto sin duda, nos acerca a otra habilidad muy importante: la regulación metacognitiva, categoría estrechamente imbricada con la resolución de problemas.

Schoenfeld (1985) reconoce la existencia de cuatro aspectos que intervienen en el proceso de resolución de problemas: los recursos (conocimientos previos), las heurísticas (estrategias cognitivas), el control (estrategias metacognitivas) y el sistema de creencias.



### **4.2.3 Aportes realizados por Miguel De Guzmán a la resolución de problemas**

Miguel de Guzmán toma como base las heurísticas de Pólya y los trabajos de Schoenfeld para proponer su modelo de resolución de problemas, en el cual expresa que hay 4 etapas, teniendo en cuenta las dificultades que puede encontrar el estudiante. Los aportes de Miguel de Guzmán en cuanto a la resolución de problemas han resultado significativos para numerosos autores que lo toman como referente para orientar sus investigaciones en este campo. Asencio (2013) menciona las etapas que estableció De Guzmán (1995) para resolver problemas y sus características:

#### **4.2.3.1 Familiarizarse con el problema**

Asencio (2013) señala que esta fase consiste en adquirir información sobre el problema; es decir, sobre los elementos que intervienen y sobre las conexiones que existen entre esos elementos. Además, se debe adquirir una posición de partida y tener clara la posición de llegada, pero siempre sin apresurarse ya que las prisas acarrearán malas consecuencias. Para conseguir el objetivo de esta primera fase es necesario indagar por el problema. Para ello, de Guzmán (1995) menciona una serie de pautas, a saber: mirar el problema pausadamente, imaginarse los elementos que intervienen, considerar las conexiones que hay entre los elementos, asegurarse de cuál es la situación de partida y la de llegada, manipular el problema, etc.

Cuando se habla de manipular el problema, se puede hablar sobre diferentes formas de explorar y analizar el mismo. Podemos indicar las siguientes: esquemas, procesos de ensayo y error, utilizar un lenguaje adecuado, etc. Todas ellas se analizan en la fase de búsqueda de estrategias. En esta fase de familiarización suele ser normal que el problema absorba y ocupe la mente del que lo intente solucionar. Esto ocurre sobre todo cuando se ha dedicado un tiempo a discurrir para hallar la solución. Para ello propone preguntas como ¿de qué trata el problema?, ¿cuáles son los datos?, ¿hay datos suficientes para resolver el problema? (De Guzmán, 2007)

Desde lo anterior, consideramos que esta fase se puede vincular con la resolución de un problema desde la química, y específicamente para el caso de este trabajo, desde la estequiometría. En esta fase, el estudiante deberá tomarse un tiempo prudente para analizar

las características del problema como los datos presentes en el mismo (reactivos y productos, balanceo de la reacción, conversión de unidades, incógnita a resolverse, entre otros) y posibles formas de resolverlo.

#### 4.2.3.2 Búsqueda de estrategias diversas

Cuando se enuncia un problema, normalmente nos viene a la cabeza una primera idea para solucionar el mismo, pero no debemos conformarnos con esa primera idea para buscar la solución. Por eso, se debe procurar diseñar varias estrategias posibles, pero sin llevarlas a cabo, puesto que cuando se tengan todas definidas se decidirá la más adecuada.

Este paso es de gran relevancia, por lo que aun teniendo una idea muy clara para solucionar el problema y haya seguridad de que esa es la adecuada, no se debe olvidar que la fase consiste en buscar varias estrategias posibles. Viar (2007) propone algunas normas generales para construir las estrategias necesarias en la resolución de un problema: la simplificación del problema, la representación, gráfica del mismo, buscar semejanzas con problemas similares.

Desde lo anterior, consideramos que, en el desarrollo de esta fase, el estudiante que debe resolver un problema desde la estequiometría, podrá construir las estrategias para resolverlo partiendo de lo más sencillo, que para este caso, sería que el estudiante realice un esquema, un diagrama o simplemente redacte en su propio lenguaje, que tiene que hacer o que pasos debe seguir para resolverlo. Ejemplificando lo anterior, lo ideal sería que el estudiante en su diagrama, describa que el primer paso sería identificar los reactivos y los productos presentes en la reacción; en segundo lugar, que se debe escribir la reacción química; en tercer lugar, que se debe balancear, y así sucesivamente hasta obtener todos los pasos para resolverlo y, de esta forma, el estudiante finalmente analice si esos pasos realmente le serán útiles para resolver el problema o debe plantear otra estrategia menos compleja.

#### 4.2.3.3 Desarrollo de la estrategia

Tras haberse familiarizado con el problema y haber seleccionado la o las estrategias que se utilizarán para la resolución de éste, el siguiente paso consiste en poner a funcionar

alguna de las estrategias (Viar, 2007). En ocasiones ocurre que el problema al que nos enfrentamos nos resulta sencillo; en esos casos, es clara la estrategia que nos conduce directamente a la solución del problema. Sin embargo, cuando se tiene que resolver un problema difícil, tras realizar la fase de familiarización y buscar estrategias, el estudiante siente que ninguna de las estrategias posibles va a conducirlo a la solución; aquí, el estudiante puede reconocer dificultades en el proceso y, por tanto, se puede regresar al paso anterior para proponer nuevas estrategias (Viar, 2007, De Guzmán, 2007).

Finalmente, cuando se decide una estrategia para atacar, se debe de llevar a cabo el plan de acción que esta estrategia exige hasta el final. En esta etapa, es muy importante no abandonar el problema ante cualquier dificultad que se presente, siempre sin obcecarnos en seguir por una misma línea si cada vez el proceso se vuelve más complejo. En ese momento se aprecia con más claridad quién es experto en la resolución de problemas y quién no, puesto que el experto ante un problema difícil intuye con mayor rapidez cuáles son los caminos sin final.

#### 4.2.3.4 Revisión del proceso

Una vez finalizada la fase anterior, podemos encontrarnos en cualquiera de estas dos situaciones; haber conseguido resolver el problema o no, a pesar del esfuerzo realizado para ello. No obstante, esto no significa que no se hayan mejorado los procesos de pensamiento. (De Guzmán, 1995).

En esta fase, el estudiante reflexiona sobre cómo ha llegado a la solución, busca un camino más simple, trata de entender por qué funcionó su estrategia o no, reflexiona sobre los procesos de pensamiento y estudia qué otros resultados podría obtener con este método.

Tomando como referente lo anterior, consideramos que el aporte de De Guzmán para nuestro trabajo es invaluable, y representa una alternativa viable para alcanzar nuestro objetivo de lograr un cambio en la habilidad de resolución de problemas en los estudiantes. En primera instancia, porque los 4 pasos que se proponen para resolver un problema presentan una secuencia lógica que permite al estudiante no solo familiarizarse con el problema, sino también, comprobar la efectividad de las diversas estrategias para resolver

el mismo, y a su vez, replantearlas en caso de que no hayan surgido efecto. Creemos que el hecho de que el estudiante revise constantemente su proceso de resolución de un problema por medio de las dos perspectivas: “Examinar el camino seguido” y “Extraer más provecho de este problema”, permite que el estudiante transforme su visión abstracta e imposibilitada de resolver problemas no solo desde las matemáticas sino también desde otras ciencias exactas como la química.

Es importante resaltar que el trabajo de Miguel de Guzmán que, elaboró un modelo para la solución de problemas, partiendo de las ideas de Pólya y Schoenfeld. Modelo que incluye tanto las decisiones ejecutivas y de control como las heurísticas. La finalidad desde este modelo es que la persona evalúe sus propios modelos y modos de resolver un problema de forma sistémica, que venza obstáculos y que logre hábitos mentales.

Ahora bien, al referirnos a los heurísticos propuestos por De Guzmán, no queremos establecer una relación de acciones a modo de pruebas de entrenamiento, dado que no tratamos de transmitir a los estudiantes reglas heurísticas o trucos para la resolución de problemas, sino ayudarles a descubrir sus capacidades y sus limitaciones, pero diseñando actividades que favorezcan hábitos adecuados de resolución de problemas y les ayude a interiorizarlos (Blanco y Cárdenas, 2013).

De Guzmán (2007) refiere que la preparación para una enseñanza desde la resolución de problemas requiere una dedicación personal, seria y profunda y que no basta solo con saber unos cuantos trucos superficiales, sino de adquirir nuevas actitudes que calen y se vivan profundamente.

Finalmente, consideramos que a pesar que no se trabajan procesos metacognitivos en esta propuesta investigativa, lo expuesto por De Guzmán con respecto a la articulación de procesos lógicos, heurísticos y metacognitivos para la obtención de resultados con mayor eficacia en la resolución de problemas, sin lugar a dudas, es un aporte fundamental que debe ser tenido en cuenta en posteriores investigaciones.

#### **4.2.4 Aportes realizados por Tamayo, Zona y Loaiza a la resolución de problemas**

Los aportes realizados por estos autores en la resolución de problemas han representado una alternativa viable y oportuna en el propósito de fortalecer dicha habilidad para facilitar el aprendizaje de las ciencias exactas. Los autores proponen algunos niveles en los cuales es posible medir el alcance resolutivo de problemas, y afirma, que tanto esta habilidad, como la de autorregulación y argumentación son importantes para desarrollar un pensamiento crítico en los estudiantes.

En cuanto a la resolución de problemas, Tamayo (2014) refiere que los estudiantes muestran cierta tendencia al empleo de niveles más exigentes a medida que la intervención en el aula avanza; asimismo, el autor refiere que este movimiento hacia niveles resolutivos de problemas de mayor exigencia para los estudiantes, se deriva posiblemente del trabajo intencionado realizado por los profesores en función del desarrollo de ciertas habilidades en la resolución de problemas de los estudiantes, a partir del conjunto de actividades desarrolladas a lo largo de la intervención didáctica.

Puntualizando en las características que permiten reconocer el tránsito de los estudiantes por cada uno de los niveles, Tamayo (2014) manifiesta que aquellos estudiantes que inician su proceso resolutivo del problema desde el nivel 1, demuestran como característica central, el empleo de las mismas expresiones utilizadas en la situación presentada, de tal manera que los estudiantes terminan describiendo lo que observaron.

En cuanto al nivel 2 de resolución de problemas, Tamayo, Zona y Loaiza (2014) afirman: “el estudiante realiza redescpciones de la experiencia de manera libre, utiliza opiniones, describe lo que sintió durante las experiencias y/o utiliza analogías”. (p. 194). Teniendo en cuenta lo anterior, los autores expresan que los estudiantes en algunas oportunidades utilizan información almacenada en su memoria, cuando recuerdan si habían realizado la actividad anteriormente, transfieren conocimientos cuando realizan analogías y su sistema de creencias se pone en manifiesto.

Con relación a las evidencias que dan cuenta del tránsito de los estudiantes por el nivel 3 de resolución de problemas, Tamayo et al., (2014) refieren que en este nivel se destaca la identificación de una o dos variables, sin llegar a establecer relación entre ellas,

las cuales no necesariamente se refieren a la experiencia realizada; es decir, se identifican en algunos casos variables que hacen parte de la situación problema, y en otros casos, éstas variables pueden hacer parte de la resolución de otra situación problemática. Adicionalmente, según los autores, los estudiantes no realizan redescpciones tautológicas o redescpciones libres.

En el nivel 4 de resolución de problemas se pueden evidenciar leves avances en el proceso comprensivo del problema, pero aún son palpables algunas debilidades. Los estudiantes identifican las variables y las relacionan de manera inadecuada, lo cual los lleva a una resolución inapropiada del problema; adicionalmente no justifican las relaciones establecidas entre las variables (Tamayo et al., 2014). Los autores también refieren que en este nivel los estudiantes identifican propiedades y características de la situación presentada, a las cuales se les puede asignar valoraciones diferentes y pueden llegar a relacionarse casualmente de maneras diversas.

Así pues, desde esta misma línea teórica, Tamayo et al., (2016) consideran que en el nivel 5 de resolución de problemas, los estudiantes resuelven el problema de manera inadecuada ya que justifican y relacionan las variables, pero no necesariamente justifican las relaciones que se dan entre éstas. No obstante, los autores afirman que, en este nivel, la resolución del problema se da gracias al análisis de las relaciones entre propiedades y características de los fenómenos de estudio y en algunas oportunidades se dan explicaciones y respaldos teóricos, que pueden ser empleadas por los estudiantes para referirse a las situaciones presentadas, insinuando comprensiones superficiales de los fenómenos.

Desde los constructos teóricos expuestos anteriormente por Tamayo et al. (2016), consideramos que el alcance de la habilidad para resolver problemas aplicando los 5 niveles de resolución, puede contribuir considerablemente, no solo el desarrollo de un pensamiento crítico de los estudiantes, sino también, en el aprendizaje de algunas temáticas abstractas propias de las ciencias exactas como la química. No obstante, distamos un poco de esta perspectiva de trabajo, pues no incorpora heurísticos como en el caso de De Guzmán ni parece existir una relación imbricada con procesos metacognitivos, que permita al

estudiante no solo relaciones entre variables, sino el reconocimiento de sus dificultades y la búsqueda de soluciones; es decir, desde nuestro punto de vista, este modelo parece ser más estructural de la resolución de problemas.

#### **4.3 LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN EL APRENDIZAJE DE LA QUÍMICA**

Actualmente, diversos autores consideran la resolución de problemas es una estrategia que potencia el aprendizaje de las ciencias exactas como la química, pero que desafortunadamente por falencias en la forma de aplicarla no genera los resultados esperados. Fonseca et al., (2019) afirman:

Los estudiantes universitarios presentan dificultades en el aprendizaje asociadas a las operaciones lógicas del pensamiento de acuerdo con las exigencias del nivel de enseñanza actual, utilizan estrategias aprendidas de memoria para resolver problemas muchas veces complejos, método que resulta poco efectivo para realizar un razonamiento y obtener un resultado adecuado. (p. 119).

La memorización, de acuerdo con lo anterior, dificulta el alcance de la habilidad para resolver problemas; por consiguiente, los estudiantes no logran analizar las características del proceso llevado a cabo para resolver el problema, ni vislumbran la intencionalidad de la resolución del mismo para la adquisición de un aprendizaje específico, que para el caso de dicho estudio es necesario para la comprensión de los fenómenos propios de la ingeniería agronómica.

De acuerdo con la propuesta de Fonseca et al.,(2019), un problema químico con cálculo matemático, es aquella situación paradójica que se manifiesta en la actividad cognoscitiva de la asignatura química, donde el estudiante debe recurrir a procedimientos heurísticos para encontrar vías de solución al mismo, ya que su modo de actuar y el resultado del proceso es desconocido para éste; por consiguiente, debe cumplir con una fase inicial de interpretación de los objetos, procesos o fenómenos químicos y una fase final con el uso de las herramientas matemáticas de cálculo.

Desde lo anterior, Fonseca et al., (2019) tomando como referente los modelos de Pólya (1945) y Labarrere (1996), consideran pertinente transformar las acciones generales

de estos modelos con relación a la resolución de problemas, en acciones concretas que sirvan de pauta para los estudiantes, en la búsqueda del mejoramiento de su desempeño en dicha habilidad desde la asignatura de química general. Estas acciones son:

*Analizar los componentes estructurales que conforman la situación inicial:* para Fonseca et al. (2019), es necesario que desde esta acción, se identifiquen los componentes estructurales que constituyen el problema químico, el contenido (elementos químicos, fórmulas de sustancias, valores de las magnitudes que pueden encontrarse formando parte de expresiones o relaciones que conforman el enunciado), las condiciones (datos correspondientes a valores cuantitativos sobre las magnitudes o aspectos cualitativos sobre las fórmulas de las sustancias y sus propiedades) y las exigencias que se plantea inicialmente (incógnita o pregunta a resolverse).

*Modelar el problema:* cuando el estudiante modela o representa el problema por medio de fórmulas reales o hipotéticas para las sustancias, ecuaciones para las reacciones químicas, variables o esquemas desde otras temáticas, se le facilita la interpretación del mismo (Fonseca et al., 2019)

*Determinar los procedimientos que permiten obtener una posible vía de solución:* Esta acción es fundamental ya que pone de manifiesto procedimientos heurísticos, los cuales para Muller (1987, citado por Fonseca et al., 2019, p. 122) son formas de trabajo y de pensamiento que apoyan la realización consciente de actividades mentales exigentes.

Teniendo en cuenta lo expuesto anteriormente, en la propuesta de Fonseca et al. (2019) se utilizan reglas (separar lo dado de lo buscado, confeccionar figuras de análisis, representar magnitudes con variables, utilizar fórmulas adecuadas y reformular el problema), principios (analogías, reducción y demostración) y estrategias (de trabajo hacia adelante o de trabajo hacia atrás) como procedimientos heurísticos para facilitar la resolución de problemas con alto grado de exigencia. Esta acción, se considera que es de vital importancia en el proceso, ya que el estudiante, asociando los datos o componentes estructurales que obtuvo de la modelización del problema, determina cual o cuales son las posibles vías para solucionar el problema.



*Resolver el problema:* en cuanto a la resolución de problemas químicos cuantitativos, Fonseca et al. (2019) proponen utilizar herramientas matemáticas de cálculo para determinar la incógnita como las siguientes: establecer sistema de ecuaciones algebraicas lineales, resolver sistema de ecuaciones algebraicas lineales, agrupar variables semejantes en un solo miembro, extraer factor común, emplear ecuación de segundo grado para determinar posibles soluciones, aplicar raíces cuadradas si es necesario, emplear operaciones matemáticas de cálculo o aplicar factores de conversión de unidades.

*Realizar consideraciones retrospectivas y perspectivas:* “Es en esta acción donde se realiza una valoración de la vía de solución propuesta, se analiza la lógica seguida y se comprueban los resultados obtenidos” (Fonseca, et al., 2019, p. 122)

Teniendo en cuenta lo propuesto por Fonseca et al. (2019), consideramos que la inclusión de dichas acciones concretas, que representan de forma específica las generalidades del modelo de Pólya, son de vital importancia en el alcance de la habilidad de resolución de problemas químicos que requieran de cálculos matemáticos.

Coronel y Curotto (2008) afirman que la resolución de problemas resulta ser una de las problemáticas que en estos últimos tiempos está siendo abordada con gran interés y preocupación por la investigación en didáctica. Para Gaulin (2001) hablar de problemas implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder hay que pensar en las soluciones y definir una estrategia de resolución que no conduce, precisamente, a una respuesta rápida e inmediata.

Coronel y Curotto (2008) afirman:

La aparición del enfoque de resolución de problemas como preocupación didáctica surge como consecuencia de considerar el aprendizaje como una construcción social que incluye conjeturas, pruebas y refutaciones con base en un proceso creativo y generativo. La enseñanza desde esta perspectiva pretende poner el acento en actividades que plantean situaciones problemáticas cuya resolución requiere analizar, descubrir, elaborar hipótesis, confrontar, reflexionar, argumentar y comunicar ideas. (p. 464).

Según lo referido anteriormente por los autores, es de vital importancia desarrollar en el aula de clase procesos de relación recíproca entre las diferentes situaciones cotidianas

de los estudiantes y alternativas de solución ante los problemas surgidos desde cualquier contexto por medio de los conocimientos teóricos y procedimentales.

El rol de los problemas en el currículo escolar, tanto en las ciencias exactas como en las naturales, no es nuevo. En algunos casos, tal como en la matemática, aparecen, según Stanic y Kilpatrick (1989, citados por Coronel y Curotto, 2008, p. 465) desde la antigüedad; en otros, tales como el caso de la Física y la Química, han acompañado la enseñanza de estas disciplinas asociados a situaciones de carácter comprobatorio.

No obstante, lo anterior, los problemas, relacionados con una situación nueva que debe abordarse y cuya solución hay que encontrar, aparece junto a nuevas tendencias educativas que demandan el desarrollo de determinadas habilidades y destrezas de los alumnos a expensas de concepciones que contemplan de otra manera la educación en ciencias y en la escuela. Aparecen así otros significados que resultan congruentes con esta perspectiva: la necesidad de mostrar una ciencia recreativa que recupera problemas cotidianos y los pone a disposición de los estudiantes como una forma de mostrar que aprender ciencia puede resultar divertido.

Rico (2018), hace una descripción que diferencia según la experticia, a los expertos de los novatos en resolución de problemas, porque tienen mejor organización de conocimientos, menor número de errores y menor tiempo empleado en encontrar la solución. Desde esta perspectiva, consideramos que el desarrollo de este trabajo coadyuvará en gran medida, a una disminución considerable de esas falencias que presentan los estudiantes a la hora de resolver un problema contextualizado que requiera de la aplicación de cálculos estequiométricos.

## 5 METODOLOGÍA

### 5.1 ENFOQUE Y ALCANCE

Este trabajo de investigación se desarrolló desde el enfoque cualitativo y con un alcance descriptivo, pues tuvo como interés particular, caracterizar el proceso de resolución de problemas de los estudiantes, aspecto que nos permitieron, posiblemente aportes a solucionar una situación de aula. Es por ello, que el reconocimiento de un problema que nace de las dificultades latentes en el aula y de la búsqueda de posibles soluciones, exige procesos investigativos de naturaleza cualitativa y no cuantitativa porque: interesa describir el problema, proponer posibles soluciones, implementar estrategias novedosas, entre otras.

Tomando como referente lo anterior, el alcance de esta propuesta investigativa es de tipo descriptivo porque:

1. Caracterizar cómo la resolución de problemas estequiométricos es un indicador del aprendizaje en química.
2. Identificar los procesos iniciales llevados a cabo por los estudiantes de 11° para resolver problemas estequiométricos.
3. Describir el cambio en los procesos de resolución de problemas de estequiometría, llevados a cabo por los estudiantes, una vez aplicada la unidad didáctica mediada por las TIC.
4. Reconocer cómo a medida que los estudiantes resuelven problemas estequiométricos van dando cuenta de mejores comprensiones de la química.
5. No se realizaron comprensiones profundas del fenómeno.

Reconocemos que los estudios comprensivos son de importancia en el reconocimiento de las problemáticas de aula, así como en la propuesta de otras alternativas; no obstante, no es de interés particular identificar ahondar y profundizar en estos aspectos debido a la falta de tiempo para la ejecución de más instrumentos que puedan valorar una perspectiva de esta naturaleza y a la falta de recursos tecnológicos en la Institución Educativa. Además, de lo anterior, la investigación descriptiva puede ser un proceso inicial y preparatorio de una investigación, pues en la medida que el fenómeno a estudiar forma un sistema complejo y muy amplio, la misma nos permite acotarlo, ordenarlo, caracterizarlo y

clasificarlo, es decir hacer una descripción del fenómeno lo más precisa y exacta que sea posible (Tinto, 2013). Los estudios descriptivos, además sirven para sugerir futuras investigaciones para quienes deseen después explorar los estudios comprensivos.

## **5.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la sede central de la Institución Educativa Miguel Antonio Caro, la cual se encuentra ubicada en el casco urbano del corregimiento de presidente en el suroccidente vallecaucano. Este corregimiento se encuentra limitado al sur por el municipio de Buga y al norte por el municipio de San Pedro.

La población de este corregimiento oscila entre 1500 y 2000 habitantes, donde su gran mayoría pertenecen al casco urbano. Esta población se caracteriza a su vez por la presencia de familias de estratos 0, 1 y 2, disfuncionales, monoparentales, migrantes venezolanos y algunas con problemáticas de consumo y expendio de estupefacientes debido a las pocas oportunidades laborales en las microempresas y macroempresas aledañas al corregimiento. En cuanto al aspecto socioeconómico, una parte de la población debe desplazarse a laborar en macroempresas y microempresas de los municipios de Tuluá, Buga y San Pedro, y la otra parte de la población se dedica al comercio y a la agricultura. Por otro lado, es una zona de climas templados y pocas precipitaciones.

La institución educativa cuenta con un número total de 885 estudiantes distribuidos en 7 sedes, donde un 40% de la población estudiantil pertenece a zona rural y el 60% al casco urbano de los municipios de Buga y San Pedro y los corregimientos de Presidente, Todos los Santos y Chambimbal.

## **5.3 UNIDAD DE TRABAJO**

La investigación se desarrolló con estudiantes de grado undécimo de la institución educativa Miguel Antonio Caro, sede central. Dicho grupo estuvo conformado por 23 estudiantes, de los cuales 16 son de género femenino y 7 masculino, con edades entre 14 y

16 años. En cuanto al análisis de los resultados, se tomaron 6 estudiantes como unidad de trabajo, los cuales fueron seleccionados bajo los siguientes criterios:

- Asistencia y participación activa durante toda la intervención y cumplimiento oportuno en cada una de las actividades propuestas en la misma.
- Estudiantes con acceso a internet permanente, dado que la pandemia impidió la aplicación de manera presencial.

#### **5.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

Todo proceso investigativo debe contemplar principios éticos especialmente cuando se trabaja con seres humanos. Siguiendo entonces estos principios, se plantearon tres instrumentos de protocolo para proteger los derechos de los estudiantes teniendo en cuenta que ellos son menores de edad:

*Formato de protocolo para el manejo de seres vivos en investigación:* este instrumento exigido por el comité de bioética de la Universidad Autónoma de Manizales garantiza que ninguna de las acciones, procedimientos o fases del proceso pusieron en riesgo a los participantes (ver anexo 1).

*Consentimiento informado para la participación en investigaciones:* este instrumento certifica que los estudiantes y sus acudientes conocieron los propósitos de la investigación, decidieron participar libre y voluntariamente en el proceso y que los resultados reposarán en los archivos de la Universidad Autónoma de Manizales (ver anexo 2).

*Consentimiento informado para manejo de la información:* este formato certifica que el investigador explicó a los acudientes los propósitos de la investigación, los beneficios para el proceso de aprendizaje y el manejo de la información obtenida (ver anexo 3).

## 5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS

En cuanto a la unidad de análisis para este trabajo investigativo, propusimos el estudio de una categoría denominada resolución de problemas en estequiometría como indicador del aprendizaje en química. Para ello, partimos de la propuesta de De Guzmán (2007) y adicionamos unos criterios que permitieron entender la resolución no de forma general, sino particularmente aplicada a la química (ver tabla 3).

Cabe aclarar, que tal como está estructurada la pregunta de investigación de la presente propuesta, solo presentamos una categoría, dado que no nos interesa resolver problemas en sí mismos, sino que le subyace la idea del aprendizaje como unidad.

Teniendo en cuenta lo anterior, proponer una única categoría es pertinente por las siguientes razones:

- Permite ver la resolución de problemas y el aprendizaje de la química como unidad: relación dialéctica.
- Establece diferencias entre ver la resolución de problemas y el aprendizaje como categorías independientes.
- Permite transponer la resolución de problemas desde el campo de la matemática al campo de la química.
- Constituye la posibilidad de dejar de ver la resolución de problemas como procedimientos en sí mismos.

**Tabla 3 Categoría y subcategorías de análisis en el estudio de la resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje en química**

Categoría	Subcategorías	Indicadores	Criterios
Resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje en química	Familiarización con el problema Adaptado de De Guzmán (2007)	Comprende de qué trata el problema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Identifica si el problema está enfocado desde aspectos propios de la estequiometría.</li> <li>2. Reconoce el proceso que se debe llevar a cabo para resolver el problema.</li> <li>3. Identifica el método a través del cual se puede resolver el problema estequiométrico</li> <li>4. Explica con sus palabras de qué trata el problema</li> </ol>
		Reconoce los datos y variables del problema	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Reconoce los reactivos y los productos presentes en el problema y el estado en el que se encuentran (sólido, líquido, gaseoso o acuoso)</li> <li>2. Plantea la reacción química y la balancea obedeciendo la ley de la conservación de la masa</li> <li>3. Reconoce las unidades en las cuales se encuentran los reactivos y los productos (moles, gramos, Kg)</li> </ol>

			4. Identifica si debe hallar: cantidad de producto a partir de los reactivos, reactivo limite y en exceso, pureza de los reactivos o productos y el rendimiento de la reacción química.
	Búsqueda de estrategias Adaptado de De Guzmán (2007)	Representa de múltiples formas el problema	1. Describe en su propio lenguaje como puede resolver el problema 2. Elabora un esquema donde organiza los pasos a seguir para resolver el problema desde cálculos estequiométricos
		Simplifica el problema para poder abordarlo	1. Describe el problema con sus propias palabras indicando los factores que intervienen directamente en el proceso de resolución del problema
		Propone múltiples estrategias para resolver el problema	1. Considera que el problema se puede solucionar a través de la experimentación. 2. El problema se puede resolver desde cálculos matemáticos utilizando relaciones mol-mol, mol-gramo, gramo – mol
		Considera las operaciones como herramienta de solución	1. Utiliza relaciones molares o regla de tres simple para hallar la cantidad de producto o la cantidad de reactivo necesaria para generar el mismo



			<p>2.Utiliza cálculos numéricos para determinar la pureza de los reactivos</p> <p>3.Determina el rendimiento de la reacción química mediante la fórmula que involucra la cantidad real del producto y la cantidad teórica</p> <p>4. Halla el reactivo en exceso por medio de sustracción</p>
	<p>Desarrollo de la estrategia Adaptado de De Guzmán (2007)</p>	<p>Elige la estrategia que mejor puede resolver el problema</p>	<p>1.Utiliza los pasos convencionales para realizar un cálculo estequiométrico</p> <p>2.Resuelve el problema utilizando los pasos estrictamente necesarios para realizar un cálculo estequiométrico</p>
		<p>Regresa a la fase anterior y selecciona otra estrategia</p>	<p>1.No encuentra la solución al problema con una de las 3 estrategias</p> <p>2.Encuentra la solución al problema utilizando otra estrategia de las 3 que se plantearon</p> <p>3. Revisa y reflexiona nuevamente sobre las estrategias planteadas</p>
		<p>Considera nuevas estrategias que no tuvo en cuenta antes</p>	<p>1. Recurre a la asesoría de un compañero para resolver el problema</p> <p>2. Comparte con el profesor posibles estrategias</p>

			3. Identifica otras posibles formas de resolverlo
Revisión del proceso Adaptado de De Guzmán (2007)	Explica cómo llegó a la solución		1. Tiene claridad en la forma cómo resolvió el problema 2. Los pasos seguidos para la solución son coherentes aun cuando no llega a la respuesta correcta
	Reflexiona sobre el éxito del ejercicio		1. Reconoce las fortalezas o debilidades en el proceso de resolución del problema 2. Explica si debió recurrir a otras fuentes de información diferentes a las presentadas en la unidad didáctica para resolver el problema
	Analiza qué otros posibles resultados tienen el problema.		1. Reconoce si el problema está limitado a un resultado cuantitativo o se puede definir el resultado en términos cualitativos 2. Explica con sus palabras posibles resultados

*Fuente:* Elaboración propia.

## **5.6 TÉCNICAS Y FUENTES PARA RECOGER LA INFORMACIÓN**

Para efectos de esta investigación, se empleó como técnica un cuestionario de lápiz y papel. Tanto el instrumento inicial como el final fueron diseñados para la recolección de la información, relacionada con la resolución de problemas auténticos desde la estequiometría, con el fin de verificar el impacto de la intervención didáctica en el aprendizaje escolar (ver anexo 4 y 5). Es importante aclarar que el instrumento inicial y final no eran iguales, pero si fueron contruidos bajo la misma lógica. Asimismo, destacamos que tanto los instrumentos como la unidad didáctica fueron sometidos a procesos de validación de expertos y pilotaje para determinar la viabilidad de estos y se realizaron los ajustes respectivos.

Las preguntas estuvieron orientadas a resolver problemas contextualizados cuya solución requería de procesos específicos de la estequiometría como el hallazgo de la cantidad de producto generada en una reacción química, cantidad de reactivos necesarios para el anterior fin, reactivo límite y en exceso, pureza de reactivos y productos y el porcentaje de rendimiento de una reacción. Es de vital importancia destacar que los cálculos estequiométricos tomados como base para resolver los problemas, no requerían de la aplicación de fórmulas relacionadas con el comportamiento de gases ideales, diluciones o cálculos de la concentración de reactivos o productos.

Una vez finalizada la intervención didáctica, aplicamos una entrevista semiestructurada que tuvo como propósito identificar el impacto de la unidad desarrollada a través de la página Web, así como, reconocer en la voz de los estudiantes, los aspectos que ellos consideraron valiosos para fortalecer el aprendizaje de la química.

## **5.7 UNIDAD DIDÁCTICA**

Una vez implementado el instrumento inicial y reconocidas las dificultades que tuvieron los estudiantes, se diseñó la unidad didáctica. Para su diseño se tuvo en cuenta el aporte de las TIC, ya que se construyó un portal web como OVA (objeto virtual de aprendizaje) con características importantes como:

- Su reutilización (actualización de sus contenidos o modificación de los mismos para ser utilizados en otros contextos).
- Compatibilidad con diversos estándares y artefactos tecnológicos (tabletas, portátiles, celulares)
- Estructuración innovadora desde sus contenidos con una interfaz sencilla de utilizar y explorar por el estudiante.
- Atemporal, ya que no perderá vigencia en el tiempo ni en los contextos.

Para la construcción del mismo se utilizó la aplicación online “Wix”, la cual permite incluir no solo recursos virtuales de apoyo para el aprendizaje como videos, simuladores de prácticas experimentales, esquemas, url para el ingreso a otros portales web, animaciones, fotos, entre otros.

La unidad didáctica tuvo 3 momentos, de acuerdo con la estructura curricular de la maestría:

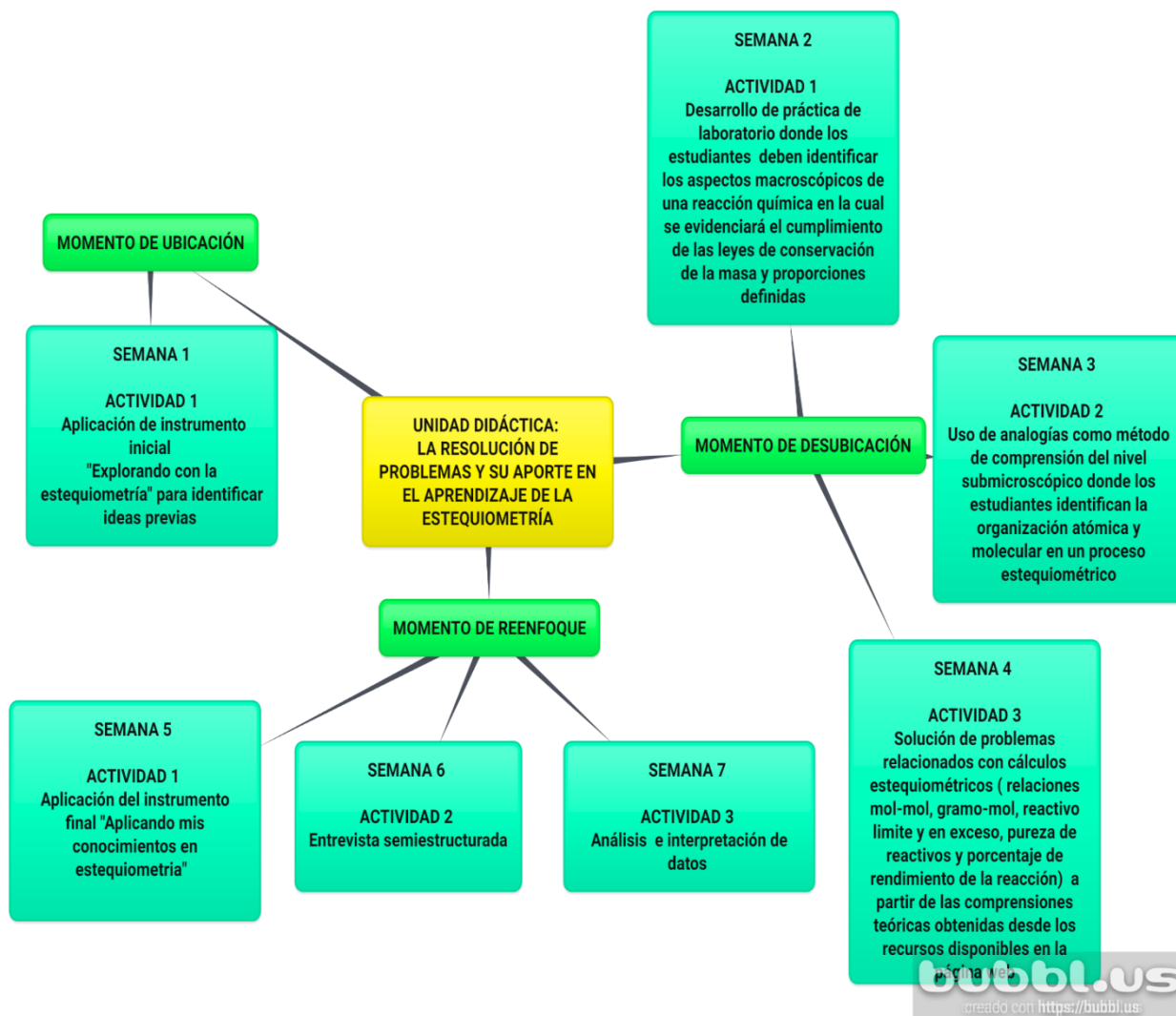
- *Momento de ubicación:* en este momento se aplicó el instrumento diagnóstico para reconocer el estado inicial de la resolución de problemas estequiométricos.
- *Momento de desubicación:* teniendo en cuenta los obstáculos encontrados en el momento inicial, se estructuró la intervención didáctica, elaborada en una página Web, bajo los criterios descritos en líneas anteriores. (ver <https://josemao86.wixsite.com/misitio>). Cabe aclarar que este momento, fue sometido a validación por parte de dos expertos: uno en el campo de la didáctica de las ciencias exactas y otro con experiencia en enseñanza de la química.

Durante este momento, los estudiantes tuvieron la oportunidad de resolver varios problemas con la orientación del investigador y, de esta manera se fue desarrollando la habilidad de resolución de problemas estequiométricos. Asimismo, se esperaba que mientras los estudiantes resolvían los problemas, ellos fueran mejorando en el aprendizaje de la química en general, en términos de usos de lenguaje, mejores comprensiones de los problemas, etc. Por ello, los problemas presentados en la intervención tuvieron las siguientes características:

1. Los enunciados en cada situación presentaban coherencia y cohesión en aras de contribuir a la comprensión y reconocimiento de los contenidos requeridos para solucionar los problemas.
2. Demandaban la movilización de presaberes y conocimientos científicos propios de la estequiometría necesarios para la planeación y ejecución del proceso resolutivo.
3. Su solución no representaba un alto nivel de complejidad para los estudiantes en términos procedimentales, ya que no se incorporaron cálculos estequiométricos relacionados con sistemas gaseosos y unidades físicas y químicas de concentración en soluciones como la molaridad, normalidad, molalidad, entre otros.
4. Las situaciones bajo las que se plantearon los problemas, intentaban promover el interés en los estudiantes debido al acercamiento de la estequiometría con escenarios reales en los que se puede evidenciar la utilidad de esta.
5. Contenían un lenguaje propio de la química y la estequiometría con el fin de potenciar la apropiación de los mismos en los estudiantes.
6. Guardaban relación con los indicadores propuestos en la unidad de análisis, con el propósito de identificar la transición que realizaron los estudiantes por cada etapa del heurístico.
7. Se diseñaron teniendo en cuenta los niveles macro, micro y simbólico de la química, que si bien, no fueron objeto de análisis, consideramos fueron apropiados para lograr mejores comprensiones de la química.
8. Los problemas fueron semiabiertos, dado que estaban parcialmente definidos donde se identificaban algunos parámetros y la solución presenta diversas posturas (Wakefield, 1992).

La figura 1 describe las actividades realizadas durante el momento de intervención:

**Figura 1 Principales actividades de la unidad didáctica**



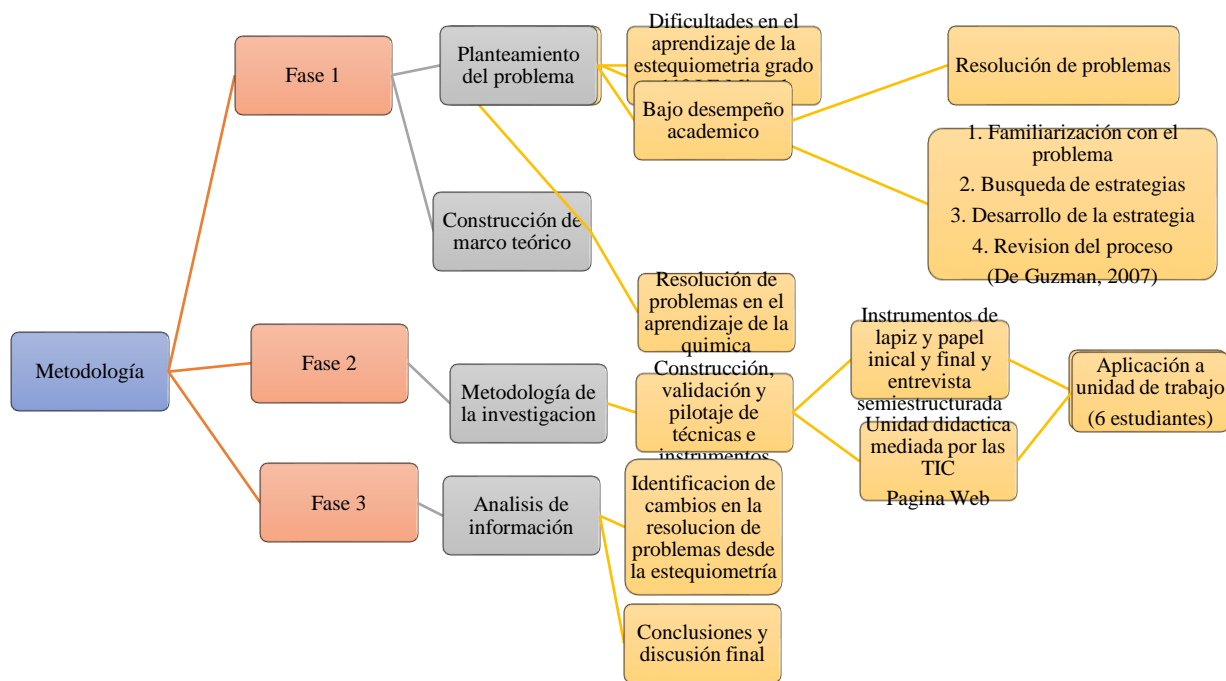
Fuente: elaboración propia

- *Momento de reenfoque:* en este momento se aplicó nuevamente el instrumento que se propuso inicialmente, con el objetivo de describir los cambios alcanzados por los estudiantes. Asimismo, se aplicó la entrevista semiestructurada para evaluar el impacto de la intervención en el aprendizaje de la química.

## 5.8 DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación, se presenta el proceso seguido en la investigación, desde el planteamiento del problema hasta los resultados.

**Figura 2 Diseño metodológico**



*Fuente:* Elaboración propia

## 5.9 PLAN DE ANÁLISIS

Una vez recogida y transcrita la información, esta se organizó en matrices, en las cuales se analizaron las respuestas de los estudiantes a la luz de la técnica de análisis del contenido que, de acuerdo con Tinto (2013) permite descubrir un significado y esto implica una tarea de “análisis”. Asimismo, Krippendorff (1980) señala que el análisis del contenido es una técnica destinada a formular, a partir de ciertos datos, inferencias reproducibles y válidas que pueden aplicarse a su contexto. Es por eso, que identificamos los marcadores discursivos empleados por los estudiantes en las declaraciones escritas acerca de los procesos de resolución de problemas estequiométricos.

Para la entrevista semiestructurada se empleó también el análisis del contenido, aplicado a respuestas de tipo oral, la cual permite obtener datos – cualitativos para nuestra investigación – por procedimientos sistemáticos y objetivos, logrando las inferencias del investigador (Bardin, 1996). Para ello, se utilizó la red sistémica bajo la perspectiva de Bliss y Ogborn (1980) que deriva de la lingüística sistémica y permite representar los significados o respuestas más representativas de los estudiantes, para explicar el impacto de la intervención didáctica en el aprendizaje de la química y en la resolución de problemas. Cuellar (2009), manifiesta que estas redes son una propuesta metodológica para organizar y analizar los datos cualitativos que se obtienen de cuestionarios abiertos, entrevistas u observaciones en las aulas de clases.

Como ejercicio de validez y confiabilidad, se realizó en primera instancia triangulación de datos, la cual consistió en realizar el cruce de los datos obtenidos antes y después de la intervención para identificar los logros en el proceso de aprendizaje a través de inferencias e interpretaciones del investigador. Estas interpretaciones fueron sustentadas bajo las perspectivas teóricas presentadas en el marco teórico, lo que se constituye en ejercicio de triangulación teórica.



## 6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Una vez aplicados todos los instrumentos de recolección de la información, así como la unidad didáctica, realizamos el análisis bajo el plan propuesto en líneas anteriores. Para ello, asignamos a los estudiantes una codificación, con el nombre de las 6 regiones naturales de Colombia: Caribe (un chico), Pacífico (un chico), Orinoquía (una chica), Amazonía (una chica), Andina (una chica), e Insular (una chica). Con letra P y un número, representamos la respuesta a la pregunta referenciada en los instrumentos.

A continuación, presentamos el análisis y discusión de los resultados, el cual se estructura en 4 apartados: 1) el análisis del momento inicial; 2) el análisis del momento final, posterior a la intervención; 3) el análisis del impacto de la intervención a través de la red sistémica y 4) la respuesta a la pregunta de investigación, a partir de los análisis de los 3 apartados previos.

### 6.1 ANÁLISIS INICIAL

En el momento inicial, pudimos evidenciar dificultades en el proceso resolutivo de problemas estequiométricos, así como un escaso uso del lenguaje propio de la química, dado que los estudiantes emplearon lenguaje tautológico, remitiéndose al contexto de la pregunta. Para un mejor análisis, presentamos a continuación los resultados para cada una de las subcategorías propuestas en el trabajo.

#### 6.1.1 Familiarización con el problema

En términos generales, pudimos identificar que los estudiantes tienen dificultades para comprender de qué trata el problema y para reconocer las variables del problema, como se aprecia en la siguiente respuesta:

**CaribeP1a:** *“Si, el problema a resolver se trata de como podría obtener la cantidad necesaria, para formar 50 gr de carbono de calcio.”*

P1b: *“Lo que plantea la situación, es obtener con Ca (OH)2 y H2CO3 50 gr de carbono de calcio por cada tubo.”*

P1c: *“Es muy importante tener en cuenta la cantidad que nos están dando para obtener la formula indicada.”*

P1d: *“Con la información que nos están brindando, lograr el insumo que busca la fabricación de éste.”*

P1e: *“Se puede representar en dos gráficos, donde uno se encuentre caracterizado por dos tubos de carbono de calcio y en otro gráfico, se encontraran los elementos para formar este compuesto.”*

E1f: *“No me había enfrentado a este tipo de problemas.”*

En este caso apreciamos que Caribe no logra reconocer el proceso que debe llevar a cabo para resolver el problema y no explica con sus problemas el mismo, sino que recurre al contexto del problema para “redescribirlo”. Asimismo, en cuanto al reconocimiento de los datos y las variables del problema, se evidencia que hay una familiarización con el mismo al reconocer los reactivos y el producto, las unidades requeridas (gr) e identifica que debe hallar una cantidad específica de producto a partir de los reactivos dados; sin embargo, no plantea la reacción química ni propone el balanceo de la misma cumpliendo con la ley de la conservación de la masa y las proporciones múltiples, esto último puede obedecer principalmente al grado de complejidad del problema desde la forma en como está planteado y al desconocimiento de aspectos propios de la estequiometría. En consecuencia, es posible que el estudiante no pueda solucionar el problema, ya que es importante que se cumpla con todos los criterios establecidos para lograr una familiarización integral que permita la interpretación de cada uno de los elementos presentes en el mismo. Al respecto Martínez y De Longhi (2013) señalan que cuando un estudiante intenta resolver un problema, debe elaborar una estrategia para hacerlo, sin saber exactamente cómo, tarea de gran demanda cognitiva para la persona, por lo que recurrentemente explican el problema con las mismas palabras que este se presenta; por lo tanto, la lectura y la comprensión del texto, puede ser el primer obstáculo que podría encontrar un estudiante al intentar resolver el problema (Sánchez, 1995; Martínez y De Longhi, 2013.).

No obstante lo anterior, Amazonía logra explicar con sus palabras el problema, reconoce que este exige la obtención de un compuesto (producto); esto, probablemente a razón de que la información dada en el problema es explícita y el estudiante tenga

apropiados algunos conocimientos relacionados con funciones y reacciones químicas inorgánicas.

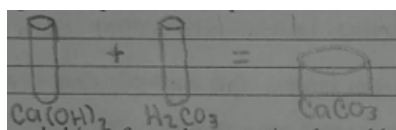
**AndinaP1a:** “El problema se trata de hacer una mezcla y a partir de esa mezcla, nos dará un compuesto que es el que necesitamos para fabricar un tubo.”

P1d: “Lo que nos hace entender el problema es que tenemos dos químicos los cuales nos pide el problema que los mezclemos con ciertas propiedades para alcanzar el insumo que nos piden sobre la mezcla de esos químicos.”

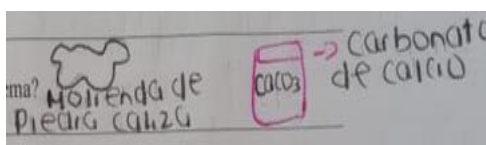
P1f: “En pocas ocasiones he visto estos problemas, por ese motivo se me dificultó un poco responder.”

Como podemos apreciar, en ambos casos (Andina y Caribe), expresan que ninguna o pocas ocasiones, se han enfrentado a este tipo de problemas, con lo que coinciden los demás estudiantes, lo que nos lleva a entender porque les cuesta entender el problema, dado que como lo manifiestan Raviolo y Lerzo (2016), la comprensión de un problema estequiométrico implica habilidades y conocimientos como: poder justificar una elección, predecir lo que va a ocurrir, explicar cómo y por qué algo ocurre, extraer datos útiles de un exceso de información, etc.

No obstante, lo anterior, resaltamos que Andina e Insular lograron representar el problema, tal como se solicitó en P1d, como presentamos a continuación:



**AndinaP1d**



**InsularP1d**

Como apreciamos, los estudiantes enfatizan en el nivel simbólico a expensas del nivel macro, lo que para Gabel (1993) se traduce en dificultades para conectar los 3 niveles de representación de la química y a falta de relación de los fenómenos con la vida cotidiana del estudiante, lo cual se convierte en un obstáculo tanto para comprender el problema como para resolverlo.

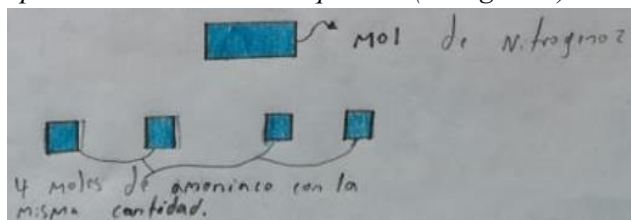
Ahora bien, Orinoquía logra familiarizarse con el problema 2, pues se evidencia comprensión del mismo:

**OrinoquíaP2a:** “Si entiendo porque me habla de químicos que ya he visto y conosco su masa en moles y no me queda tan difícil comprender que el procedimiento no es válido.”

P2b: “Me pide formar 4 moles de amoníaco con un solo mol de nitrógeno 2, lo cual no se puede ya que de un mol de nitrógeno 2 solo alcanza para un mol de amoniaco.”

P2c: “Debo tener en cuenta las cantidades de masa de nitrógeno 2 que me dan, y la cantidad de la masa de las moles que me piden formar.”

P2d: “Me hace entender que necesito encontrar la manera de formar 4 moles de un químico (amoníaco), a partir de un mol de otro químico (nitrógeno 2).”



P2e:

P2f: “No, el tema de las moles aun no lo hemos visto.”

Orinoquía reconoce que no se puede obtener 4 moles del producto en mención (Amoniaco) a partir de la cantidad dada en el problema; sin embargo, no hace alusión al uso de una relación molar o regla de tres que le permita obtener la cantidad necesaria de reactivo, lo cual es normal, puesto que manifiesta que es un tema que no han abordado. Para Koedinger y Nathan (2004) durante la fase de comprensión el sujeto construye las representaciones internas que le permitirán entender la situación planteada, mientras que, en la fase de solución, operará con estas representaciones internas, así como con representaciones externas (lo que escriba, por ejemplo) para arribar a la respuesta del problema. Desde esta perspectiva, posiblemente el estudiante haya construido tales representaciones internas desde comprensiones previas surgidas por la búsqueda de contenido en fuentes bibliográficas o apropiación de contenidos científicos transmitidos en el aula de clase.

En lo concerniente al reconocimiento de los datos y las variables en el problema, también se evidencia familiarización con el mismo, ya que reconoce los reactivos y los productos que hacen parte de la reacción, las moles como unidad de medida de su cantidad de masa y lo que debe hallar, que en este caso, es la cantidad de producto (moles) a partir

de una cantidad de reactivo (moles); no obstante, no aduce el planteamiento y el balanceo de la reacción como primera medida en el desarrollo del cálculo estequiométrico.

Si bien es cierto que se familiariza con el problema, la ausencia de esa representación simbólica relacionada con el planteamiento de la reacción química y su balanceo implica un desajuste en la búsqueda y desarrollo de las estrategias al no poder determinar el resultado a partir de la razón molar.

### 6.1.2 Búsqueda de estrategias

En términos generales es posible determinar que los 6 estudiantes tienen muchas dificultades en la búsqueda de estrategias, como se aprecia en las siguientes respuestas:

**OrinoquíaP3a:** *“Otra estrategia seria hacer el procedimiento físicamente en laboratorio con algún paciente que tenga una parte de el cuerpo inflamada, que se tome la aspirina y yo ir viendo el rendimiento de ella en la inflamación del paciente.”*

P3b: *“Si, ya que esta muy bien argumentada y es un procedimiento de ensayo y error que no seria muy difícil llevarlo a cabo, si se tienen los implementos adecuados.”*

**CaribeP4a:** *“1- Tener una buena interpretación*

*2- Saber cuales son los valores, para llegar a la solución*

*3- Organizar todo de manera ordenada.”*

P4b: *“Si, puesto que se hace más facil, el nivel cognitivo que se quiere desarrollar.”*

**PacíficoP5a:** *“Tener un conocimiento sobre el tema y analizarlo bien.”*

P5b: *“Definitivamente, si, el planteamiento correcto del problema, beneficia mucho al solucionarlo.”*

Como podemos observar, a los estudiantes se le dificulta proponer estrategias para solucionar el problema, ya que a la hora de representar el mismo, únicamente lo describen con sus propias palabras o proponen pasos muy generales como en el caso de Orinoquía, pero no se evidencia organización de las ideas para resolverlo mediante un esquema o elaboración de alguna representación submicroscópica para comprender la relación dada según el número de átomos y moles de los reactivos y el producto. Lo anterior, puede obedecer a que desde el proceso de enseñanza no se le ha fomentado la cultura del uso de

esquemas para organizar de forma sistemática y coherente sus ideas en la solución de un problema. En palabras de Galagovsky et al., (2011) y Martínez, 2011) las dificultades de aprendizaje que tienen los alumnos con respecto a la química tienen su origen en las dificultades representacionales que presentan los modelos de estructura interna de la materia, inaccesibles a los sentidos y también en el obstáculo que supone el aprendizaje de un nuevo lenguaje simbólico y formalizado, a veces crítico para el que se inicia en esta disciplina. De acuerdo a esta aseveración, es posible que la ausencia de estos modelos de la estructura interna de la materia les obstaculice visualizar una forma de resolver el problema.

En el caso de Orinoquía, el estudiante no tiene claridad de las estrategias que le pueden ser útiles para resolver el problema, ya que la representación dada es superficial y no da cuenta de una idea esquematizada y secuencial para resolverlo; ahora bien, aunque propone que el problema se puede solucionar de forma experimental, no especifica los pasos a seguir para resolverlo incluyendo relaciones molares y su respectivo cálculo a partir de una regla de tres. Lo expuesto anteriormente, implica que el estudiante no pueda resolver el problema al generar conjeturas, que, al parecer pueden ser producto del desconocimiento de elementos de orden conceptual y práctico de la estequiometría, escasa comprensión del enunciado o inexperiencia en la resolución de problemas. Como lo afirman Coronel y Curotto (2008) el fracaso de los alumnos en la resolución de problemas se atribuye generalmente a carencias en estrategias y habilidades de resolución, pero también a la ausencia de conocimientos químicos necesarios para abordar este proceso.

Finalmente, Bedoya y Ospina (2014) afirman que cuando los estudiantes se enfrentan a problemas donde las estrategias para la solución no son explícitas, lleva a que haya una poca significación de la situación, lo que hace que el alumnado no se desempeñe bien; como si su aprendizaje estratégico solo funcionara para algunos problemas de estructuras muy evidentes. Esto, no lleva a entender que en las clases de química se deben proponer problemas contextualizados y posiblemente a sugerir posibles caminos para la solución.

### 6.1.3 Desarrollo de la estrategias

En general, observamos que los estudiantes no desarrollan estrategias para resolver el problema, lo cual es consecuente con la debilidad previa en la búsqueda y proposición de estrategias. Esto se hace evidente con el incumplimiento de los respectivos indicadores y criterios imbricados entre sí. Desde las respuestas dadas por ellos, es notorio el desconocimiento de los pasos convencionales requeridos para realizar un cálculo estequiométrico, tal como se puede apreciar en las siguientes respuestas:

**AmazoníaP3a:** *“1. Averiguar que era y para que sirve el ácido acetilsalicílico  
2. Que debía hacer un procedimiento el cual era una investigación, sobre donde ya se avia utilizado el producto, y si era de un buen rendimiento o no.”*

P3b: *“Si, pero ya seria en un estudio muy detallado de el ácido en un procedimiento.”*

**CaribeP4a:** *“-Organice la información*

*-Inteprete de forma detenida*

*-Organice las moles*

*-Realice un despeje para saber cuantas moles me faltaban para la pintura.”*

P4b: *“No, puesto que esta la forma correcta y clara.”*

**OrinoquíaP4a:** *“No encontré una solución.”*

P4b: *“Tal vez lo haya, pero no sé con claridad, cuales sean.”*

**PacíficoP5a:** *“El proceso que realice fue el siguiente, por el medio del cual se puede saber cuanto oxígeno sobra en las moles de aire.”*

P4b: *“Si, ya que se hubiera podido agregar mas información referente a la situación, que presenta el contenido del problema.”*

Podemos apreciar que Caribe no desarrolla estrategias coherentes desde el punto de vista estequiométrico para resolver el problema, teniendo en cuenta que los 4 pasos que establece para llevar a cabo dicho propósito no evidencian la inclusión de los pasos tradicionales para realizar un cálculo estequiométrico mol-mol. Esto, a razón probable del desconocimiento del contenido científico en los tópicos de la estequiometria; por ende, no concibe otras alternativas o caminos de solución, que en cierto momento, pueden resultar más efectivos.

Lo anterior, posiblemente se atribuya al desconocimiento del contenido científico propio de la estequiometría, en el cual debe articular los diferentes niveles de representación que lo conduzcan a un planteamiento y desarrollo coherente de estrategias. En la opinión de Martínez (2011) la dimensión simbólica va mucho más allá a una escritura de fórmulas. Ella implica, necesariamente, una comprensión de todos los demás niveles representacionales ya mencionados. Para comunicar las ideas propias de cualquier nivel representacional (macroscópico o nanoscópico) es necesario primero comprender esas ideas, luego conocer y, finalmente, poder manejar el nivel simbólico correctamente. El aprendizaje de la escritura de fórmulas y símbolos químicos implica, por lo tanto, que el estudiante comprenda, además de la información sensible, el significado corpuscular subyacente a ellos, ya que las letras y números que las forman representan la manera en que los átomos de las sustancias se hallan combinados entre sí. En tal sentido, se puede afirmar que la ausencia de estas representaciones implica que los estudiantes no puedan establecer la reacción química y balancearla para determinar la relación molar y llevar a cabo la operación que, en últimas arrojará el resultado acertado para precisar la solución al problema.

También podemos apreciar en las respuestas que hay dispersión en torno a si hay más caminos posibles para resolver el problema; por ejemplo, Caribe manifiesta que solo hay una respuesta correcta (aunque podemos notar que confunde el camino con la respuesta), mientras que Pacífico e Insular señalan que seguro si los hay, aunque los desconocen.

Resaltamos la respuesta de Insular:

**InsularP5a:** *“Leer el problema, ya que ayudara a entender bien el tema.”*

P5b: *“Yo creo que si, ya que cada persona tiene diferentes formas de solucionar los problemas.”*

Insular destaca que es seguro que haya otros caminos posibles para resolver un problema y que cada persona tiene formas diferentes; esto, es coherente con lo mencionado por Pólya (1954) acerca del razonamiento heurístico, el cual depende del bagaje de



experiencias y conocimientos de cada sujeto respecto de un dominio particular; para este caso, vemos que efectivamente si no hay conocimiento de la química no es posible resolver el problema.

#### **6.1.4 Revisión del proceso**

Teniendo en cuenta que los estudiantes tienen dificultades a la hora de establecer los pasos anteriores, es posible afirmar que no se realiza una revisión del proceso teniendo en cuenta los criterios propuestos en la tabla 3. A continuación presentamos las respuestas de algunos estudiantes:

**AndinaP5a:** *“Si, ya que respondi como lo entendí.”*

P5b: *“Que pude entender el problema.”*

**OrinoquíaP5a:** *“Si, porque es el mas fácil de ejecutar con operaciones y sacando los resultados.”*

P5b: *“fortalezas: el tener la capacidad mental para entender el problema.*

*Inconvenientes: que es un problema muy complejo y que requiere de mucho analisis.”*

**CaribeP5a:** *“Si, porque tome el mejor camino, para comprender el problema.”*

P5b: *“Es bastante complejo y se me presento mucha dificultad.”*

En las respuestas descritas, no se evidencia una revisión coherente del proceso resolutivo del problema, puesto que es contradictorio el hecho de catalogar como fortaleza “la capacidad para entender el problema” con la dificultad en la cual afirma que “el problema es muy complejo y requiere de mucho análisis”. Lo anterior se hace evidente en la transición inadecuada por las fases previas del proceso resolutivo.

Desde estas evidencias, es posible que se atribuyan a factores como:

- Desconocimiento en el proceso resolutivo de problemas que incorporan cálculos estequiométricos
- Escasa inclusión de procesos de resolución de problemas en el proceso de enseñanza
- Desconocimiento de los contenidos científicos propios de la estequiometría.

Ahora bien, evidenciamos que no hay una revisión del proceso de resolución coherente y sistemática, como resultado de las dificultades presentadas para buscar y desarrollar estrategias, que desde la estequiometría, permitan la solución al problema; no obstante, se logra una reflexión frente a los inconvenientes presentados para solucionar el mismo:

**AmazoníaP1a:** *“Si, porque el que vimo a simple vista y fue el más sencillo de entender.”*

P1b: *“Fortalezas, ninguna, ya que esto sigue siendo un problema. Inconvenientes, que a la mezcla le tenemos que agregar valores proporcionales para lograr el insumo de 50 gramos.”*

**OrinoquíaP1a:** *“Si, ya que es a simple vista la más fácil de ejecutar.”*

P1b: *“Fortaleza: Ninguna porque es un problema muy complejo. Inconvenientes: Que a la mezcla le tenemos que agregar valores proporcionales para lograr el insumo de su gramos.”*

Identificamos que Amazonía y Orinoquía reconocen no tener fortalezas para resolver el problema; sin embargo, consideran que inicialmente el problema (P1) era el más sencillo de resolver, lo cual es completamente incoherente porque posteriormente reconocen sus dificultades al expresar que el problema es complejo, no proponen alternativas de solución frente a este impase, lo cual refleja que la teoría no está disponible y por lo tanto no puede ponerse en juego en el proceso (Coronel y Curotto, 2008); es decir, que realmente los modelos teóricos son una guía para la solución de los problemas.

Finalmente, podemos señalar que existen varios factores que pudieron obstaculizar la solución de los problemas: poca preparación académica en el campo, la naturaleza propia de la química, una demanda excesiva en las preguntas o problemas y aplicación inadecuada de estrategias (Cárdenas, 2006).

Para concluir el análisis del primer momento, cabe preguntarnos ¿Qué podemos decir sobre el aprendizaje de la química? Al respecto, podemos decir que hay un bajo uso de conceptos propios de la química y escasamente algunos estudiantes abordan ideas como “compuesto” y “mezcla”, lo cual, probablemente se deba a dos factores: que los estudiantes tengan apropiado este conocimiento, puesto que la temática se abordó previamente al diligenciamiento del instrumento; o en segundo lugar, a que ha escuchado mencionar estos términos de algún compañero durante los espacios de clase. El desconocimiento del

lenguaje propio de la química puede haber obstaculizado la solución de los problemas estequiométricos, tal como lo menciona Kempa, (1991), un estudiante o grupo de estudiantes no tiene éxito en el aprendizaje de una idea, un concepto o en la resolución de un problema, como resultado de uno o más de los siguientes factores: la naturaleza de las ideas previas o su poca adecuación para establecer con ellas conexiones significativas con los conceptos que se quiere aprender; las relaciones entre la demanda o complejidad de la tarea a aprender y la capacidad del estudiante para organizar y procesar información.

En cuanto al uso de conceptos propios de la estequiometría, no se hace alusión a términos importantes como: relación molar, moles, gramos, balanceo, reacción química, entre otros que están imbricados a la hora de realizar un cálculo estequiométrico. Esto puede obedecer a que el estudiante desconoce completamente la temática (Estequiometría), que no se haya enfrentado a una experiencia similar de resolver problemas que incluyan cálculos estequiométricos o a que no tenga fundamentados los conocimientos previos necesarios para comprender la solución al mismo. No obstante, algunos estudiantes emplearon conceptos como mol, compuesto, amoníaco, hidrógeno o nitrógeno, lo que consideramos puede deberse a que la información se encuentra explicitada en los enunciados de los problemas.

Finalmente, es importante aclarar que si bien, hay pocos fundamentos de la química, los estudiantes trabajan con sus ideas previas, aunque estas tengan poca adecuación con los temas estequiométricos (Maturano, Mazzitelli, Núñez y Pereira, 2005); así que el reto fue, con la unidad didáctica favorecer el aprendizaje de la química y la conexión de estos conceptos con la vida cotidiana.

## **6.2 ANÁLISIS FINAL**

Una vez implementada la intervención didáctica mediada por TIC, evidenciamos que hubo cambios medianamente significativos en la resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje; sin embargo, aún se presentan algunas dificultades; esto, porque reconocemos que el aprendizaje es un proceso gradual y lento y,

que la química es una ciencia compleja. A continuación, presentamos los resultados para cada una de las subcategorías propuestas en el trabajo.

### 6.2.1 Familiarización con el problema

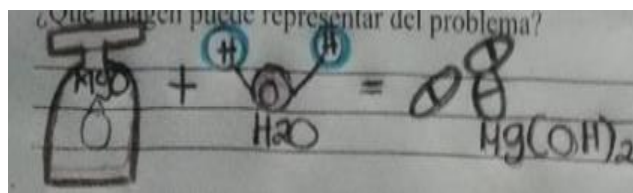
Una vez implementada la intervención didáctica mediada por TIC, evidenciamos que los estudiantes se familiarizaron con el problema y daban cuenta de qué trataba el problema y, en general de la identificación de datos y variables, tal como se observa en las siguientes respuestas:

**CaribeP2a:** “Si, puesto a la situación plantada, es como se podría transformar el reactivo, para obtener el medicamento de la acidez gástrica y tener en cuenta los gramos presentan.”

P2b: “Lo que se pide en la situación, es que la cantidad de los 36 gr de monóxido se transforma en Mg (OH)2”

P1c: “Es importante tener en cuenta, los 36 gr de monóxido, para así hallar una reacción balanceada.”

P1d: El problema se encuentra bien planteado y esto genera un buen análisis, a la hora de resolverlo.”



P1e:

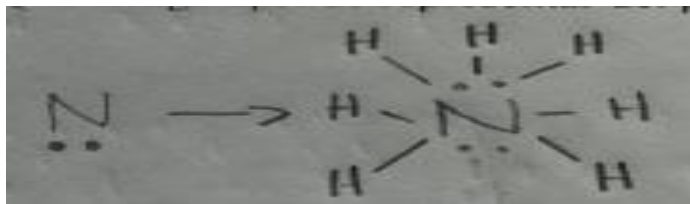
P1f: “Si, ya que en las actividades anteriores, se realizaban algunos similares, los cuales ayudan a tener una mejor interpretación de estos.”

**InsularP3a:** “Si, entiendo el problema a resolver, puesto que piden que por medio del hidrogeno gaseoso y nitrogeno, se produzcan 4 moles de amoniacos de 1 mol.”

P3b: “Lo que me piden hacer en la situación, es que se deben encontrar 4 moles de amoniacos con 1 mol de nitrógeno gaseoso.”

P3c: “Que lo que me estén planteando en la situación, sea coherente, para así saber el procedimiento que debo realizar, para darle solución al problema.”

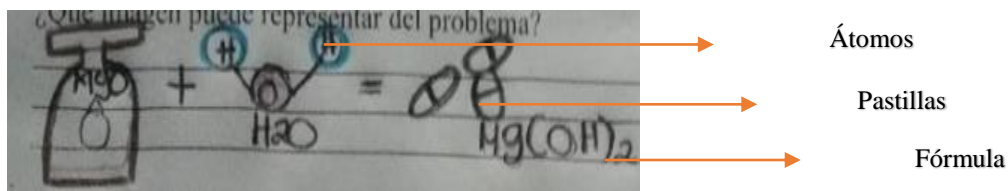
P3d: “Lo que me ayuda a entender el problema es lo que me están preguntando al final, puesto que me están brindando una información adicional, para el desarrollo del problema.”



P3e:

P3f: “Si, ya que tuve la oportunidad de solucionar problemas similares en actividades anteriores, lo que me ayudo a tener un mejor analisis en este tipo de problemas.”

Podemos apreciar que Caribe entiende que le piden realizar en el problema; no obstante, en el punto b no explica específicamente qué debe tener en cuenta para dar respuesta al problema, donde se esperaba que indicara de qué forma se obtendrían los 50 gr. de  $\text{CaCO}_3$ . Respecto al punto d, Caribe alude a que se encuentra bien planteado el problema, sin embargo, no hace alusión al tipo de información que se brindó en el planteamiento que le permitiera aclarar la problemática. Respecto a la representación gráfica, podemos observar que hay una combinación de los 3 niveles de representación:



Cabe aclarar que el nivel simbólico fue dado en el enunciado del problema; sin embargo, es un logro que haya un intento por explicar la situación a partir del nivel microscópico, pues al representar el agua, inferimos que los círculos son los átomos (2 de hidrógeno y uno de oxígeno). Por tanto, Caribe, aunque presenta mejor familiarización, presente incoherencia en algunos criterios; por tanto, no hay familiarización integral.

Insular, por su parte, presenta mejor familiarización y coherencia en los indicadores, aunque no propone la reacción química ni la balancea. Sin embargo, observamos como en el ítem e Insular presenta una estructura de Lewis, lo cual consideramos como un logro

importante, a pesar de que haya un error conceptual, dado que el nitrógeno no tiene Valencia 7.

Resaltamos que en el punto b si precisa desde el punto de vista estequiométrico, pero no describe que se debe realizar un cálculo estequiométrico, a excepción de Pacífico, quien explicita lo siguiente:

**PacíficoP1b:** *“Si, debo realizar un cálculo estequiométrico, para hallar la cantidad que se produciría de Mg(OH)<sub>2</sub>, partiendo de los datos que me dan.”*

De lo anterior de deducimos que ningún estudiante identificó el método a través del cual se podría resolver el problema, a excepción de Pacífico, aunque no propone la reacción ni la balancea; lo cual, puede ser normal, dado que como lo establecen Arasasingham, Taagepera, Potter y Lonjers (2004), a pesar del proceso de enseñanza, los estudiantes suelen comprender en forma incompleta la ecuación química y su relación con la situación empírica, pues partiendo de la composición inicial del sistema no logran determinar el estado final empleando la ecuación química. Reconocemos entonces que, aunque persisten dificultades en la familiarización, hay mejores comprensiones y un uso adecuado de lenguaje propio de la química, así como acercamiento a otros niveles de representación, no solo al macro.

Resaltamos el caso de Andina, quien sigue presentando dificultades en la familiarización, dado que no emplea lenguaje propio de la química y menos de la estequiometría:

**AndinaP4a:** *“Si, lo que sucede es que la persona que esta realizando un procedimiento, presenta una falla en el mismo y desconoce su motivo.”*

P4b: *“Explicarle a la persona cual es su error.”*

P4c: *“Se debe tener en cuenta el procedimiento que se está llevando acabo y el resultado de este.”*

P4d: *“La información que me brindan es clara, y esto me ayuda a su comprensión.”*



P4e:

P4f: *“Si, e resuelto actividades similares.”*

Lo anterior nos sugiere, que posiblemente debimos trabajar más durante la intervención en el razonamiento analógico, dado que varias propuestas de enseñanza señalan que la intervención didáctica, desde este tipo de razonamiento potencia el aprendizaje (Raviolo y Lerzo, 2016). Autores como Witzel (2002) emplearon un juego de construcción a partir de piezas, como el Lego, para determinar las relaciones entre el número y masa de los componentes requeridos (reactivos) y la masa del producto final. En lugar de la ecuación química usó el folleto de indicaciones de cada producto. El autor afirmó que la analogía es buena para introducir o revisar el tema de la estequiometría y reforzar los conceptos de reactivo limitante, en exceso y conservación de la masa. La mayoría de estas analogías hacen frente a la dificultad de algunos estudiantes que no conservan la masa y los átomos en una reacción química.

### 6.2.2 Búsqueda de estrategias

Respecto a la búsqueda de estrategias, consideramos que los estudiantes siguen presentando muchas dificultades y que la intervención didáctica poco fortaleció ese aspecto. Para ello, presentamos a continuación las respuestas de los estudiantes:

**PacíficoP1a:** *“Debo analizar bien la situación, para así desarrollarla correctamente.”*

**OrinoquíaP1a:** *“Analizar el problema, guiarme en la guía se halla el procedimiento adecuado, tener en cuenta los datos para elaborar el calculo y por ultimo hallar la respuesta.”*

**AndinaP1a:** *“-Analizar correctamente el problema*

*-Tener en cuenta el manejo de los reactivos (MgO y H2O)*

*-Tener la reacción que se debe llevar a cabo*

**AmazoníaP4a:** *“Analizar muy bien el problema y con los datos que me presentan, proceder a realizar la solución mediante procedimientos.”*

**CaribeP3a:** *“Interpretar el problema, saber cuales son las cantidades de las moles, para asi generar una respuesta, respecto a lo que me están preguntando.”*

Como podemos observar, los estudiantes no logran diseñar estrategias específicas para resolver el problema, dado que siguen siendo pasos generales, que bien podrían ser aplicables a problemas de otros dominios de conocimiento. También llamamos la atención, que a pesar que durante la intervención se abordó la necesidad de diseñar esquemas para presentar los pasos y proponer los cálculos estequiométricos, ningún estudiante los esbozó durante esta fase; esto, puede deberse a que como lo expresa Rumelhart (1984) para realizar esquemas se requiere de una estructura de datos para representar conceptos almacenados en la memoria; en otras palabras, si aún hay incomprendiones en los conceptos químicos, para este caso, de la estequiometría, es difícil que los estudiantes puedan representar pasos a seguir mediante esquemas o representaciones gráficas. Fortunato (1991, citado por Tamayo, Zona y Loaiza, 2016) reconoce que la falta de elaboración de gráficos o diagramas, para ayudarse en la comprensión de los problemas, es habitual, dado que ellos no piensan acerca de diferentes métodos y formas que pueden existir para resolver un problema.

Solo Andina logra al menos describir la necesidad del manejo de los reactivos y realizar la reacción, pero no logra precisar elementos más específicos, lo cual denota, que se presentan, posiblemente, obstáculos en el manejo de los conceptos propios de la estequiometría.

Es importante aclarar que la por su complejidad, la resolución de problemas presenta un desafío para muchos estudiantes y suscita que aquellos con dificultades conceptuales no obtengan resultados aceptables cuando se enfrentan a esta tarea; frente a la postura que atribuye la dificultad de la resolución de problemas a las diversas variables de tareas: contenido, contexto, estructura, sintaxis, heurístico (Ramos, Castro y Castro, 2016). Los autores, agregan, además, que las dificultades en la búsqueda de estrategias para resolución de un problema no siempre tienen que ver con la naturaleza de la asignatura o con las variables, sino con las características del resolutor. Esto, es importante porque se



traduce en que, si bien los estudiantes tienen dificultades conceptuales, más allá de ello, durante su proceso académico no han empleado estrategias que les permitan ser andamiaje en la búsqueda de soluciones y que, posiblemente, tampoco se habían expuesto antes a resolver problemas desde la perspectiva abordada en este trabajo.

Se concluye entonces que se debe trabajar más con los estudiantes en la búsqueda de estrategias, en el diseño de esquemas o representaciones externas y en los cálculos estequiométricos.

### 6.2.3 Desarrollo de la estrategia

Respecto a la revisión del proceso, retomamos las palabras de Viar (2007) y De Guzmán (2007), acerca que este paso es posible cuando hay familiarización con el problema y proponer las estrategias. Considerando esto, suponemos que al persistir dificultades en la búsqueda de estrategias, también hubo dificultades en esta etapa, lo cual nos señala la imbricación entre todos los procesos.

En esta etapa observamos que no hay realmente un desarrollo de estrategias, sino que se siguen buscando las mismas, pero de manera muy general, tal como observamos en las siguientes respuestas:

**CaribeP3a:** *“-Interpretar de forma detenida.*

*-Tener claro la cantidad de moles que se están pidiendo.*

*-Mirar si cumple con la ley de la conservación.*

*-Elaborar la reacción, para generar una respuesta.”*

**OrinoquíaP3a:** *“1- Analizar detalladamente la información que me dan*

*2-Realizar su respectivo procedimiento.*

*3-Al terminar el procedimiento , se obtendrá el resultado que se necesita.”*

**AmazoníaP4a:** *“1- Observar y analizar el problema*

*2-Realizar una ecuación estequiométrica y balancearla*

*3- Con el resultado y el balanceo, puedo llegar a la conclusión.”*

**AndinaP5a:** *““Plantear lo que desea obtener (el jabón) a partir de los elementos que va a utilizar (agua y monóxido de potasio), cual es la cantidad exacta de cada elemento, que resultado da la reacción de estos elementos (soda caustica).”*

**InsularP2a:** *“- Analizar el problema presentado, para saber lo que me piden en el.*

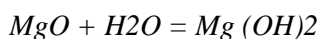
*-Encontrar la reacción, y que esta este correctamente balanceada.*

*-Hallar la cantidad purificada, para obtener el sulfato de magnesio.”*

Como podemos observar, 5 de los 6 estudiantes no logran desarrollar estrategias, dado que no cumplen con los criterios descritos en la tabla 3 para cada una de los indicadores o dimensiones, lo cual es preocupante, puesto que durante la intervención se puso mucho empeño en el desarrollo de cada etapa. Esto, puede reflejar entonces que hay obstáculos en el manejo de conceptos propios de la química, pero principalmente en la identificación de reactivos, productos, descripción de la ecuación y el balanceo. Sin embargo, esto no es de extrañar, dado que como lo señala Montagut (2010) las dificultades en el aprendizaje de la química son debidas, principalmente a la existencia de diferentes niveles de descripción de la materia, así como a la complejidad del nivel representacional que se basa en el uso de símbolos, fórmulas, diagramas y modelos para interpretar la composición de la materia.

Destacamos el caso de Pacífico un estudiante, que, aunque en la etapa anterior no propuso estrategias específicas para resolver los problemas, logró proponer las ecuaciones estequiométricas y resolverlas, tal como se aprecia a continuación:

**PacíficoP1a:** “1. Planteo la reacción

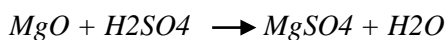


2. Realizo una regla de 3



3. Se producen 56.4 gr de Hidróxido de Magnesio

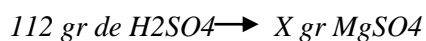
**PacíficoP2a:** “1. Formular y balancear la fórmula



2. Conocer la pureza del reactivo

$$140 \times 80 / 100 = 112 \text{ entonces el } 80\% = 112 \text{ gr de H}_2\text{SO}_4$$

3. Realizar una regla de 3



*Se obtendrán 105 gr de MgSO<sub>4</sub>.*”

No obstante lo anterior, Pacífico no realiza una reflexión sobre la estrategia planteada, ni consulta con otros si las ecuaciones están correctamente desarrolladas, que como podemos apreciar no lo están, dado que en P1; por ejemplo, el peso molecular del hidróxido de Magnesio no es 56 sino 58 y el resultado (incluso con los datos que propuso) es incorrecto; es decir, hay problemas matemáticos, tampoco logra establecer cuánta agua se debe adicionar a la reacción; sin embargo, se resalta que la reacción está bien estructurada. Raviolo y Lerzo (2016), señalan que, en la resolución de problemas estequiométricos, en ocasiones las dificultades no son conceptuales, sino de tipo matemático-algorítmico. Pacífico, además no duda del éxito de la resolución y no concibe que haya otras formas posibles de resolverlos, tal como se aprecia en otras de sus respuestas; tal vez, si hubiese reflexionado sobre el proceso se habría percatado de sus dificultades:

**PacíficoP1b:** *“No, este es el único y el correcto.”*

**PacíficoP2b:** *“No, esta es la única manera y la correcta.”*

Respecto a lo anterior, Montagut (2010) considera que son necesarios conocimientos lingüísticos, semánticos, esquemáticos (o referenciales), operativos y estratégicos para poder avanzar eficazmente en la resolución de los problemas químicos; por lo que, retomando el conocimiento estratégico, si los estudiantes no proponen estrategias específicas de la estequiometría, difícilmente llegarán exitosamente a la solución.

#### **6.2.4 Revisión del proceso**

Como manifestamos en líneas anteriores, las etapas de la resolución de problemas no se presentan de forma aislada o independiente; por tanto, al igual que en las fases anteriores se presentan dificultades en la revisión del proceso, tal como se aprecia en las siguientes respuestas:

**CaribeP1a:** *“Si, ya que con los conceptos adquiridos puedo hallar mejores soluciones.”*

P1b: “ *Se me facilito la comprensión del tema, ya que he venido realizando, este tipo de actividades.* ”

**PacíficoP2a:** “*Si, es el camino correcto y el que aprendí en la intervención.*”

P2b: “*No tuve inconvenientes, y una fortaleza, es que puse en práctica lo aprendido.*”

**OrinoquíaP4a:** “*Si, ya que es el camino mas eficaz para hallarle el resultado a el problema.*”

P4b: “*Fortaleza: la capacidad para entender el problema, y cual es el procedimiento que debo realizar.*”

*Inconvenientes: el no tener cantidades exactas.*”

**AndinaP5a:** “*Teniendo en cuenta que no sabía que procedimiento debía de realizar el buscar en la pagina me ayudo demasiado para lograr encontrar la solución.*”

P5b: “*Como fortaleza tuve el saber de que se trata el problema y el apoyo de la pagina y los medios audiovisuales y como inconveniente no sabia que proceso debía de realizar así que por eso tome información de la pagina.*”

Retomando los criterios establecidos en la tabla 3, podemos afirmar que los estudiantes no logran precisar cómo resolvieron el problema y no justifican desde el ámbito de la química cómo resolvieron o no la problemática; tampoco analiza los posibles resultados en términos cualitativos porque seguramente se limitan a los resultados cuantitativos.

Es de resaltar que los estudiantes resaltan el aporte de la intervención y que recurrir a la página Web les facilitó la solución del problema; sin embargo, debemos rescatar que los problemas, dada su naturaleza, no siempre se resuelven de la misma forma; al respecto, Schoenfeld (1993), expresa que los problemas, son situaciones verdaderamente problemáticas y que no se tiene a mano un procedimiento de rutina para la resolución, por lo que, resulta claramente complejo llegar a una solución exitosa.

Ahora bien, los estudiantes sienten que la intervención didáctica les aportó muchos conocimientos, por lo cual, parecen sentirse seguros respecto a la solución de los problemas y las estrategias propuestas en el proceso resolutivo; por ello, no manifiestan haber tenido dificultades. Sobre ello, consideramos que es importante poder incorporar, posiblemente,

elementos metacognitivos, desde cada una de sus dimensiones, con lo que, los estudiantes podrían reflexionar con mayor profundidad en su proceso.

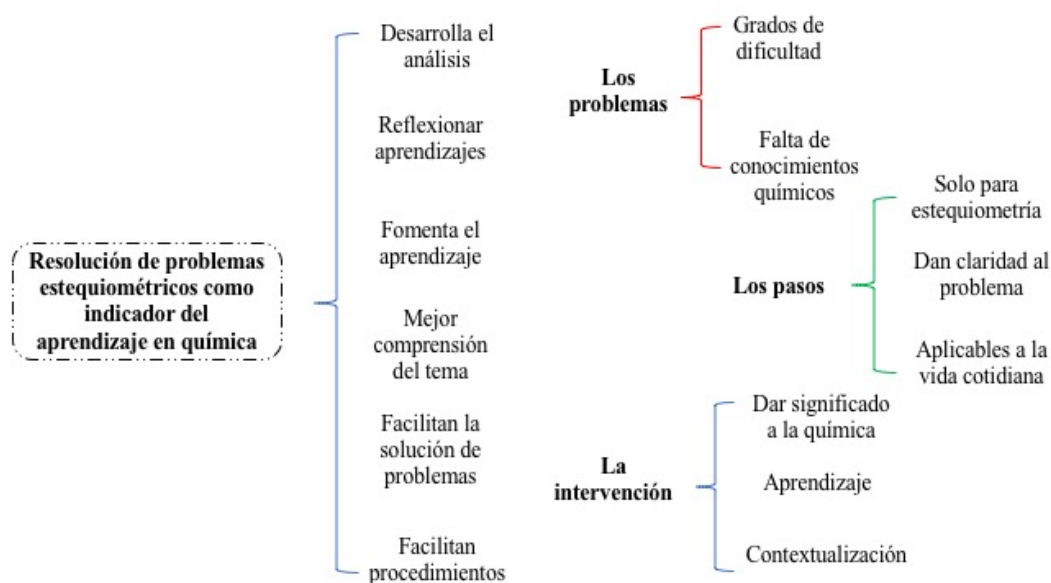
Por una parte, si consideramos que los estudiantes no propusieron estrategias específicas para resolver problemas, es coherente considerar que no revisaran el proceso de la forma esperada, a lo que Gaulin (2001), declara que hacer alusión a problemas, implica considerar aquellas situaciones que demandan reflexión, búsqueda, investigación y donde para responder, hay que pensar en las soluciones y definir una vía de resolución.

Por otra parte, Fonseca et al.,(2019), señala que en la actualidad, la resolución de problemas se concibe como una actividad de alta demanda y por tanto compleja, que potencia el desarrollo de habilidades intelectuales y que, al constituir parte de un contenido está íntimamente relacionado con los conceptos, con los procedimientos y con las actitudes a formar en los estudiantes; por tanto, podríamos concluir que si los estudiantes tienen dificultades en la resolución de los problemas es porque también hay obstáculos en el contenido de la química, lo cual es coherente con nuestra propuesta de ver la resolución de problemas estequiométricos como indicador del aprendizaje en química (como unidad), dado que no podríamos aseverar que los estudiantes resuelven problemas, pero no comprenden el contenido disciplinar.

### **6.3 ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA**

A continuación, presentamos a través de la red sistémica, el análisis realizado a las declaraciones brindadas por los estudiantes durante la entrevista estructurada, la cual tuvo como propósito, describir el impacto de la intervención en el proceso de aprendizaje de la química. La red contiene los elementos en los cuales coincidieron todos los estudiantes:

**Figura 3 Red sistémica impacto de la intervención didáctica**



*Fuente:* Elaboración Propia

Como apreciamos en la red, los estudiantes encuentran muchas bondades en la resolución de problemas, de gran relevancia en nuestro caso que resalten fomentar el aprendizaje y reflexionar sobre el mismo. Respecto a los problemas, todos los estudiantes manifestaron que si bien, los problemas propuestos no eran imposibles de resolver tuvieron un grado de dificultad grande para ellos, tanto al inicio como al final de la intervención; esto, es consecuente con lo planteado por muchos autores a lo largo del trabajo, como Fonseca et al., (2019) quienes coinciden que tanto la resolución de problemas como la química, presentan altos niveles de complejidad.

Además de lo anterior, los estudiantes coinciden en afirmar que existe desconocimiento de conceptos propios de la química, principalmente de los relacionados con la estequiometría, esto, porque como lo señala Johnstone (1982) la química presenta un cuerpo de conceptos abstractos y complejos y su aprendizaje profundo requiere poder describir y explicar el fenómeno abordado en 3 niveles de representación: (1) sensorial

(macroscópico), (2) simbólico (ecuaciones, fórmulas) y (3) de partículas (submicroscópico: átomos, moléculas, iones), asimismo, como lo indican Campanario y Otero (2000) la ausencia de conocimientos y la funcionalidad de los mismos obstaculiza la comprensión y solución de problemas estequiométricos.

Todo lo anterior, tiene implicaciones en el proceso de enseñanza, por lo que, resaltamos aquí que esto es el reflejo de un proceso de enseñanza que como describen Coronel y Curotto (2008) la enseñanza de la química, se ha asociado a situaciones de carácter comprobatorio, por lo que los estudiantes no están familiarizados con resolución de problemas y de ahí que sean resolutores inexpertos. También consideramos importante agregar que los estudiantes señalaron que estos pasos solo son aplicables al campo de la estequiometría; es decir, son de dominio específico de conocimiento, lo cual es respaldado por diversos autores como Tamayo, et al., (2016).

Finalmente, destacamos que, aunque no se avanzó en el desarrollo de los aprendizajes (determinado también por factores como tiempo y la pandemia), los estudiantes encontraron en la página Web una experiencia valiosa, así como se sintieron motivados a desarrollar cada una de las actividades propuestas.

#### **6.4 ¿CÓMO LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTEQUIOMÉTRICOS ES UN INDICADOR DEL APRENDIZAJE EN QUÍMICA?**

Teniendo en cuenta los análisis presentados durante este apartado, podemos reconocer que la resolución de problemas estequiométricos y el aprendizaje de la química, si se constituyen en una unidad, dado que, para resolver problemas los estudiantes requieren de conocimientos propios de la química.

En el momento inicial, pudimos corroborar que los estudiantes poco empleaban conceptos propios de la química para solucionar los problemas paso a paso, usando así tautologías. En el momento final, los estudiantes emplearon algunos conceptos de la química, específicamente de la estequiometría tales como reactivos, conservación de la masa e, incluso, realizaron cálculos estequiométricos (ver caso de Pacífico en el momento final); no obstante, al revisar las etapas de resolución de problemas pudimos evidenciar que los conceptos fueron posiblemente memorizados por la página Web, pero no se logró una

apropiación conceptual profunda y su transferencia o aplicabilidad a otros escenarios, por lo que no se trata solo de hablar química, sino entender de química. Al respecto, Coronel y Curotto (2008) manifiestan que es necesaria la disposición en los alumnos de los conocimientos declarativos y procedimentales requeridos como indispensables para resolver el problema que se les ha planteado. García (2003) añade que los estudiantes tienen una gran habilidad para usar términos que solo comprenden en apariencia y, Genyea (1938, citado por Tamayo, et al., 2016) sostiene que la preocupación de los estudiantes radica en dar una respuesta bien sea adivinando o por razonamientos erróneos.

Por otra parte, la resolución de problemas estequiométricos se constituye en un indicador del aprendizaje de la química porque la búsqueda de soluciones a problemáticas contextualizadas requiere comprensión profunda de conceptos, de variables y relaciones entre ellas. Al respecto, Morales y Díaz (2003), consideran que la comprensión del concepto de variable implica la posibilidad de superar la simple realización del cálculo y operaciones con letras o con símbolos; es decir, deben conducir a los estudiantes a desarrollar actividades cognitivamente complejas y no solo a escribir y balancear ecuaciones, como se ve en el caso de la unidad de trabajo de la presente propuesta.

Para finalizar podemos determinar que cada fase del proceso resolutivo de problemas está estrechamente ligada y, que no es posible desarrollar bien una fase si la previa no se desarrolla a cabalidad; es decir, son fases dependientes entre sí. Es por ello, que los estudiantes realmente no implementaron heurísticos propios del campo, debido al desconocimiento y comprensión de los niveles macro y micro de la química. Esta afirmación, si bien puede sonar fuerte, es importante, ya que nos muestra que los estudiantes:

- Logran familiarizarse con el problema propio de la química.
- No representan las estrategias para resolver el problema gráficamente.
- Reconocen algunas variables o datos que intervienen en el problema.
- No logran diseñar y aplicar estrategias específicas del campo.
- No dan respuesta clara al problema.



## 7 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los objetivos que nos trazamos en la propuesta de investigación, podemos concluir que:

1. La resolución de problemas estequiométricos es un indicador del aprendizaje en química, dado que no es posible resolver los problemas sino existe una comprensión profunda de los conceptos propios de la química y de sus niveles de representación. No basta con que los estudiantes memoricen o aprendan conceptos como reactivos, productos, moles, etc., sino que se requiere de conceptos químicos previos y un manejo adecuado de la tabla periódica y de cálculos matemáticos.

2. Inicialmente pudimos evidenciar un bajo proceso resolutivo de problemas estequiométricos y una baja o escasa exigencia conceptual durante cada una de las fases. Asimismo, identificamos dificultades para familiarizarse con el problema, explicarlo en sus propias palabras, representarlo, proponer estrategias y desarrollarlas, esto, porque no había conocimientos estequiométricos suficientes para resolver los problemas y porque los estudiantes se enfrentaban por primera vez a solucionar problemas de este tipo.

3. Una vez aplicada la intervención didáctica, los estudiantes mostraron cambios leves en la resolución de problemas estequiométricos, dado, que si bien, había un mejor uso del lenguaje, se realizaron cálculos estequiométricos y se escribieron las ecuaciones (en algunos casos), los estudiantes siguen presentando problemas en las etapas resolutivas de problemas; es decir, esto sugiere que los estudiantes son resolutores novatos. Esto, refleja sin duda que existe dependencia de etapas más específicas de la química (no de pasos generales), así como de comprensiones profundas de la química y sus niveles de representación. Para que haya cambios más significativos se requiere de una enseñanza basada en situaciones problema, pero no solo en estequiometría, sino en otras temáticas del ámbito de la química.

4. Respecto a este objetivo, no logramos evidenciar mejores comprensiones de la química, sino develar muchas más dificultades en el aprendizaje del campo; sin embargo, si pudimos inferir que resolver un problema demanda por parte del estudiante comprensiones

profundas del campo disciplinar, por lo que la resolución de problemas si es un indicador del aprendizaje. Además, pudimos corroborar que la química es evidentemente un campo de conocimiento abstracto y complejo de aprender por parte de los estudiantes, lo que coincide con muchas investigaciones ya desarrolladas en el ámbito de la química.

## 8 RECOMENDACIONES

Dentro de las principales dificultades para ejecutar la propuesta encontramos la pandemia y el resultado de enseñanzas previas en el campo de la química. Esto, refleja los obstáculos con los cuales llegaron los estudiantes a estudiar los conceptos relacionados con estequiometría, pues para ello, se requieren bases conceptuales fuertes y no superficiales.

Dado que el trabajo no se pudo realizar con todos los estudiantes, es difícil realizar generalizaciones sobre los resultados, por lo que sugerimos para futuras investigaciones seguir profundizando en la categoría de resolución de problemas estequiométricos (o relacionados con otra temática) como indicador del aprendizaje en química.

En la reflexión sobre los instrumentos, reconocemos que algunos de los problemas presentados a los estudiantes tenían un alto grado de dificultad, por lo que se sugiere para futuros trabajos transitar de problemas de mejor a mayor complejidad, que demande de los estudiantes, potenciar progresivamente resoluciones más profundas y rigurosas.

Sugerimos emplear mayor tiempo a intervenciones didácticas basadas en la resolución de problemas, porque pudimos constatar que es una tarea compleja y que requiere de tiempo para desarrollarla.

## 9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arasasingham, R., Taagepera, M., Potter, F., y Lonjers, S. (2004). Using Knowledge space theory to assess student understanding of stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1517-1523.
- Asencio, C. (2013). Adaptacion del modelo de Miguel de Guzmán para la resolucion cooperativa de problemas para alumnos de 1° de la ESO.. Tesis de maestria. Universidad internacional de la Rioja, España,. Recuperado de: <https://drive.google.com/drive/folders/1NXsPOXL5UShOwITeNKk9ay3K25OfogC5>.
- Bardin, L. Análisis de contenido. Akal. 1996 2ª e .
- Benavides, A., Benavides, S., y Rojas, M. (2017). Argumentacion a través de la resolucion de problemas para el tema: la materia y sus estados de agregacion. Tesis de maestria , Universidad Autónoma de Manizales , Manizales, Colombia. Recuperado de: <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/354>.
- Benítez, A.A.; Castañeda, A.M. y Sánchez, R. (2020). Estequiometría como unidad de aprendizaje en el nivel medio superior del IPN. Análisis desde la docencia. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(20). DOI: 10.23913/ride.v10i20.640.
- Blanco, L.J. y Cárdenas, J.A. (2013). La Resolución de Problemas como contenido en el Currículo de Matemáticas de Primaria y Secundaria. *Campo Abierto*, 32(1), pp. 137-156.
- Bloom, B. S y Broder, L. J. (1950). *Problem solving process of collage students*. Chicago University Press, Chicago USA, pgs. 67.

- Buteler, L.; Gangoso, Z. (2001) Diferentes enunciados del mismo problema: ¿problemas diferentes? *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3), 269-283
- Campanario, M. (2003). Contra algunas concepciones y prejuicios comunes de los profesores universitarios de ciencias sobre la didáctica de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(2), 319-328.
- Cárdenas, F.A. (2006). Dificultades de aprendizaje en química: caracterización y búsqueda de alternativas para superarlas. *Ciência & Educação (Bauru)*, 12(3), pp. 333-346.
- Coronel, M. V. y Curotto, M. M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 7 (2), 463-479
- De Guzmán, M. (2007). Enseñanza de las Ciencias y la Matemática. *Revista Iberoamericana De Educación*, 43, 19-58. <https://doi.org/10.35362/rie430750>
- Dierks, W. (1981). Teaching the mole. *European Journal of Science Education*, 3(2), pp. 145-148.
- Fonseca, A., Curbeira, D., y Hernández, A. O. (2019). La resolución de problemas químicos: una habilidad imprescindible en la formación de los ingenieros agrónomos en la Universidad de Cienfuegos. *Universidad y Sociedad*, 11(3), 118-124. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>.
- Furió, C & Furió, C. (2000) Dificultades conceptuales y epistemológicas en el aprendizaje de los procesos químicos. *Educación Química*, 11(3), 300- 308.
- Furió, C., Azcona, R. & Guisasaola, J. (2002) Revisión de investigaciones sobre la enseñanza-aprendizaje de los conceptos cantidad de sustancia y mol. *Enseñanza de las ciencias*, 20 (2), 229-242.

- Gabel, D. (1993). Use of particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70(3), 193-194.
- Galagovsky, Lydia R.; Rodríguez, María Alejandra; Stamati, Nora; Morales, Laura F. Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje de concepto de "reacción química" a partir del concepto de "mezcla". *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 21(1), pp. 107-21, <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/21898>
- 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. *Ciência & Educação, Bauru*, 21(1), 351-360.
- García, J.J. (2003). La creatividad y la resolución de problemas como bases de un modelo didáctico alternativo. *Revista Educación y Pedagogía*, X(21), 145-174.
- García, J.J. (2003). *Didáctica de las Ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Editorial Magisterio.
- García, J. R., Esquivel, L. O., Hernández, V. F., Gómez, M. D., & Frunz, J. C. (2009). Resolución algebraica de problemas estequiométricos. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, (Extra), 1650-1655.
- Garret, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(3), pp. 224-230.
- Garret, R. M. (1989). Resolución de problemas, creatividad y originalidad. *Revista Chilena de Educación Química*, 14(1-2), pp. 21 - 28.

- Garritz, A. e Irazoque, G. (2004): El trabajo práctico integrado con la resolución de problemas y el aprendizaje conceptual en química. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, pp. 40-51.
- Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma* , 51-63
- Gómez, L. F. (2018). Aprendizaje del concepto de reacciones químicas mediante el modelo de resolución de problemas en los estudiantes de la UCM. Tesis de maestría , Universidad Autónoma de Manizales , Manizales, Colombia. Recuperado de: <http://repositorio.autonoma.edu.co/jspui/handle/11182/432>.
- Johnstone, H.A. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*. 1982; 64:377-9.
- Kempa, R. F. (1986). Investigación y experiencias didácticas: resolución de problemas de química y estructura cognitiva. *Enseñanza de las Ciencias*. 4(2), pp. 99-100.
- Kempa, R. (1991). Students learning difficulties in science. Causes and possible remedies. *Revista de Enseñanza de las Ciencia*, 9 (2), pp. 119-128.
- Krippendorff, K. (1980). Content análisis: an introduction to its methodology. Beverly Hills, California., Paidós, Barcelona.
- Labarrere, A. (1996). Pensamiento, análisis y autorregulación en la actividad cognoscitiva de los alumnos. *La Habana: Pueblo y Educación*.
- Landau, L., Lastres, L. (1996) Cambios químicos y conservación de la masa... ¿Está todo claro?. *Enseñanza de las Ciencias* , 14 ( 2 ), pp. 171 – 174.

- Lazonby, J.N., Morris, J.E. y Waddington, D.J. (1982). The muddlesome mole. *Education in Chemistry*, 19(4), pp. 109-111.
- Martinez, M.S. y De Longhi, A.L. (2013). Identificación y categorización de dificultades de lectocomprensión en enunciados de problemas de lápiz y papel de estequiometría. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 159-170.
- Martínez, M.S. (2011). Identificación y categorización de las dificultades en la lectura y comprensión de los enunciados de problemas de estequiometría en Química Aplicada. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba.
- Maturano, C; Mazzitelli, C. Núñez, G y Pereira. R. (2005). Dificultades conceptuales y procedimentales en temas relacionados con la presión y los fluidos en equilibrio. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 4 (2).
- Meyer, R. E. & Hegarty, M. (1996) The process of understanding mathematical problems. En: Sternberg, R. J. & Ben Zeev, T (Eds.) *The nature of mathematical thinking* (pp. 29-54). New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Inc Publishers.
- Montagut, P. (2010). Los procesos de enseñanza y aprendizaje del lenguaje de la química en estudiantes universitarios. *Educación Química*, 21(2), pp.126-138.
- Nathan, M. J. y Kintsch, W. (1992). A theory of algebra word problem comprehension and its implications for unintelligent tutoring systems. *Cognition and Instruction*, 9(4), 329-389.
- Neto, A. J.; Valente, M. O. (2001) Disonancias pedagógicas en la resolución de problemas de física: Una propuesta para su superación de raíz vygotskiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 21-30.




- Obando, S. (2013). Implementación de estrategias didácticas para la enseñanza de la estequiometría en estudiantes del grado once de enseñanza media (tesis maestría). Universidad Nacional de Colombia, Colombia. Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/10308/1/36758490.2013.pdf>.
- Padilla, K.; Furió, C.; Azcona, R. 2005. Las visiones deformadas de la ciencia en la enseñanza universitaria de los conceptos de cantidad de sustancia y mol. Enseñanza de las ciencias, N° Extra. VII Congreso. pp 1-5.
- Pérez, R. (2018). Propuesta de un manual para el uso docente, orientado al tratamiento de la resolución de problemas, en la educación matemática de enseñanza media. Tesis de maestría, Universidad de Talca, Talca, Chile. Recuperado de: <http://inst-mat.otalca.cl/~cdelpino/tesis1/capitulos/01-portada.pdf>.
- Pérez, R.; Gallego, R.; Torres, L.N. (2005) Las competencias interpretar, argumentar y proponer 156 en química. Un problema pedagógico y didáctico. Enseñanza de las ciencias. Número Extra. VII congreso, 1-5.
- Pólya, G. (1954). Patterns of Plausible Inference Vol. 1, Induction and Analogy in Mathematics, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- Pólya, G. (1957). How to solve. Princenton University press. New York: Doubleday. U.S.A.
- Pomés, J. (1991). La metodología de resolución de problemas y el desarrollo cognitivo: un punto de vista postpiagetiano. Enseñanza de las Ciencias. 9(1), pp. 78-82.
- Pozo, J. I. y Gómez, M. A. (1998). El aprendizaje de la química. En: Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico (pp. 149-201). Madrid: Ediciones Morata, S. L.

- Ramos, L.; Castro, E. y Castro, E. (2016). Instrucción en el uso de esquemas para la resolución de problemas aditivos a estudiantes con necesidades educativas especiales. *Enseñanza de las Ciencias*, 34.1, pp. 173-192.
- Raviolo, A. y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27, 195 -20.
- Rogado, J. 2004. A grandeza quantidade de matéria e sua unidade, o mol: algumas considerações sobre dificuldades de ensino e aprendizagem. *Ciência & Educação*, 10 (1), 63-73.
- Saiz, C. (2009). *Pensamiento crítico: conceptos básicos y actividades prácticas*. España: Ediciones Pirámide.
- Salvat, B.G. (1990). La enseñanza de estrategias de resolución de problemas mal estructurados. *Revista de educación*, 293, 415-433.
- Sánchez, J. M. (1995) Comprender el enunciado. Primera dificultad en la resolución de problemas. *Alambique* 5, 113-119.
- Sanger, M.2005 “Evaluating students’ conceptual understanding of balanced equations and stoichiometric ratios using a particulate drawing”. *Journal of Chemical Education*, 82, pp. 131-134.
- Santa Ana, E; Cárdenes, A. y Martínez, F. (2002) “La cantidad de sustancia y el equivalente químico una aproximación histórica y didáctica. Implicaciones para la enseñanza de la química de bachillerato” Ponencia en el XX Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Centro Superior de Educación. Universidad de La Laguna. Tenerife. Comunidad Autónoma de Canarias. España.

- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. New York: Academic Press.
- Serrano, E., & Toro, M. A. (2003). Resolución de problemas Estequiometría y mapas conceptuales. *Educación Química*, 14(1), 17-20.
- Sevilla, M. (2003) Didáctica de la interpretación de textos producidos con códigos no verbales. *Didáctica (Lengua y Literatura)*, 15,191-202.
- Tamayo, O. E., Zona, R., & Loaiza, Z. Y. (2014). Pensamiento crítico en el aula de ciencias. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O. E., Zona, R., y Loaiza, Z. Y. (2016). Pensamiento crítico en el aula de ciencias. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, Ó. E. (2014). Critical thinking as specific domain in sciences didactics. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (36), 25-46.
- Tinto, J.A. (2013). El análisis de contenido como herramienta de utilidad para la realización de una investigación descriptiva. Un ejemplo de aplicación práctica utilizado para conocer las investigaciones realizadas sobre la imagen de marca de España y el efecto país de origen. *Provincia*, 29, pp. 135-173.
- Valderrama, A., & Gonzáles, P. (2010). En busca de alternativas para facilitar la enseñanza aprendizaje de la estequiometría. *En Blanco & Negro*, 1(1), 1-8. Recuperado de <http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/enblancoynegro/article/view/2186>.
- Witzel, J. (2002). Lego stoichiometry. *Journal of Chemical Education*. 2002; 79(3):352<sup>a</sup>.
- Wood, C. y Breyfogle, B.2006 “Interactive demonstrations for mole ratios and limiting reagents”. *Journal of Chemical Education*, 83, pp. 741-748.

Zona-López, J.R. y Giraldo-Márquez, J.D. (2017). Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 13 (2), 122-150.

**ANEXO 1 PROTOCOLO PARA EL MANEJO DE SERES VIVOS EN  
INVESTIGACIÓN**

	<b>FORMATO</b>  <b>PROTOCOLO PARA EL</b> <b>MANEJO DE SERES VIVOS</b>  <b>EN INVESTIGACIÓN</b>  <b>COMITÉ DE BIOÉTICA</b>	<b>CÓDIGO:</b> GIN- FOR-033
		<b>VERSIÓN:</b> 1
		<b>FECHA</b> <b>ELABORACIÓN DEL</b> <b>DOCUMENTO:</b> 15/FEB72019

*Nombre de la investigación: LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS EN ESTEQUIOMETRÍA A TRAVÉS DE UNA INTERVENCIÓN DIDÁCTICA MEDIADA POR LAS TIC*

*Investigadores: JOSÉ MAURICIO AHUMADA GONZALEZ*

*Ciudad y Fecha: PRESIDENTE/XXX*

Fases y Procedimientos a realizar antes, durante, y después de los procedimientos	Posibles riesgos a los que se exponen los participantes	Acciones que se implementarán para minimizar los riesgos	Acciones que se implementarán en caso que suceda un evento adverso	Evidencias científicas que demuestran que las acciones a implementar tienen sustento teórico con las referencias

**ANEXO 2 CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN  
INVESTIGACIONES**

	<b>CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA LA PARTICIPACIÓN EN INVESTIGACIONES</b>	<b>CÓDIGO: GIN- FOR-016</b>
--	--	---------------------------------

**GRUPO DE INVESTIGACIÓN** \_\_\_\_\_

**INVESTIGACIÓN:**

**título:**

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

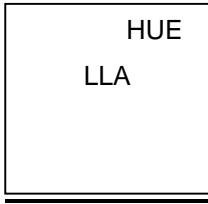
Ciudad y fecha: \_\_\_\_\_

Yo, \_\_\_\_\_ una vez informado sobre los propósitos, objetivos, procedimientos de intervención y evaluación que se llevarán a cabo en esta investigación y los posibles riesgos que se puedan generar de ella, autorizo a \_\_\_\_\_, docente de la Universidad Autónoma de Manizales, para la realización de las siguientes procedimientos:

1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_

Adicionalmente se me informó que:

- Mi participación en esta investigación es completamente libre y voluntaria, estoy en libertad de retirarme de ella en cualquier momento.
- No recibiré beneficio personal de ninguna clase por la participación en este proyecto de investigación.
- Toda la información obtenida y los resultados de la investigación serán tratados confidencialmente. Esta información será archivada en papel y medio electrónico. El archivo del estudio se guardará en la Universidad Autónoma de Manizales bajo la responsabilidad de los investigadores.
- Puesto que toda la información en este proyecto de investigación es llevada al anonimato, los resultados personales no pueden estar disponibles para terceras personas como empleadores, organizaciones gubernamentales, compañías de seguros u otras instituciones educativas. Esto también se aplica a mi cónyuge, a otros miembros de mi familia y a mis médicos.



Hago constar que el presente documento ha sido leído y entendido por mí en su integridad de manera libre y espontánea.



---

Firma

Documento de identidad \_\_\_\_\_ No. \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Huella Índice derecho:

**ANEXO 3 CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA MANEJO DE LA  
INFORMACIÓN**

	<p><b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL ANTONIO CARO</b></p> <hr/> <p><b>AUTORIZACIÓN DE LOS PADRES DE FAMILIA PARA LA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS</b></p>	
---	--	---

Presidente, xx/xx del 2020

ASUNTO: Autorización para aplicación de instrumentos en grado 11°

INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL ANTONIO CARO – SEDE CENTRAL

Yo \_\_\_\_\_ padre de familia  
y/o acudiente del estudiante \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_  
años de edad y quien cursa actualmente el grado \_\_\_\_\_ en esta institución,  
autorizo a mi hijo(a) y/o acudido(a), menor de edad, para participar en el proyecto de  
investigación que desarrolla el docente José Mauricio Ahumada González, en el área de  
Ciencias Naturales para la Maestría Virtual en Enseñanza de las Ciencias de la Universidad  
Autónoma de Manizales, durante el año en curso.

De igual manera doy total y plena autorización al docente para grabar, fotografiar y  
filmar con mi hij(a) y/o acudido(a) además interactuar a través de un grupo formado en  
la redes sociales específicas en cuanto a lo que esté relacionado con dicho proyecto.

NOTA: es de aclarar que el manejo de la información se realizará bajo el anonimato  
con el fin de proteger la identidad de los estudiantes o cualquier información personal.



ATENTAMENTE

\_\_\_\_\_  
Padre de familia y/o acudiente

C.C. \_\_\_\_\_



## ANEXO 4 INSTRUMENTO INICIAL DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

	<p><b>INTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL ANTONIO CARO</b></p> <hr/> <p><b>INSTRUMENTO 1 (Saberes previos)</b></p> <p><b>“EXPLOREMOS CON LA ESTEQUIOMETRÍA”</b></p>	
---	---	---

Apreciado estudiante, a continuación encontrarás 5 situaciones problema relacionadas con la estequiometría, mediante las cuales deberás dar respuesta de forma clara y concreta a cada uno de los interrogantes propuestos en cada situación.

Nombre: \_\_\_\_\_ Grado: \_\_\_\_\_

1. El carbonato de calcio es utilizado en la industria para la fabricación de cauchos con el fin de ofrecer resistencia y maleabilidad a los mismos. Si en una fábrica fueras la persona encargada de la fabricación de los mismos y necesitas como insumo 50 gr de  $\text{CaCO}_3$  por cada tubo que fabriques. ¿Cómo obtendrías dicha cantidad si cuentas con  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  y  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---



---



---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

### 3. Desarrollo de la estrategia

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

### 4. Revisión del proceso

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

---

---

---

2. Si observas en un laboratorio químico a una persona que intenta por medio de la reacción entre hidrogeno gaseoso y nitrógeno en el mismo estado, producir 4 moles

de amoníaco a partir de una sola mol de  $N_2$ , ¿Consideras que está realizando el procedimiento correcto? Justifica tu respuesta

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

---

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describa el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

**4. Revisión del proceso**

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

3. Cuando se obtiene Aspirina (ácido acetilsalicílico) por procesos industriales, pueden existir factores que inciden en la producción adecuada de la misma generando poca cantidad del producto de la esperada. ¿Cómo te darías cuenta de que existe un bajo o alto rendimiento de la reacción para producir dicho medicamento?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:  
¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrán otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

#### 4. Revisión del proceso

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

4. Si obtienes 15 moles de óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) pulverizado, a partir de una barra oxidada que contiene 75 moles de hierro. ¿Cuántas moles de hierro oxidado necesitarías adicionalmente para obtener 22 moles de dicho polvo que vas a utilizar como pigmento para darle color a una pintura?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

##### 1. Familiarización del problema

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?



---

---

---

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

#### 4. Revisión del proceso

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

2. El aire está compuesto por un 21% de oxígeno ( $O_2$ ) y un 79% de Nitrógeno gaseoso ( $N_2$ ). El metano ( $CH_4$ ) es uno de los gases que aportan a la contaminación atmosférica teniendo en cuenta que en su proceso de combustión necesita de oxígeno, produciendo  $CO_2$  y  $H_2O$ . Si tuvieras que analizar cuanto oxígeno sobra si se queman 10 moles de  $CH_4$  en una muestra de aire de 100 moles ¿Qué procedimiento realizarías?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:  
¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

### 3. Desarrollo de la estrategia

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

### 4. Revisión del proceso

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---



¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

ANEXO 5 INSTRUMENTO FINAL DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

	<b>INSTITUCIÓN EDUCATIVA MIGUEL ANTONIO CARO</b>	
	<b>INSTRUMENTO FINAL</b> <b>“APLICANDO MIS CONOCIMIENTOS EN ESTEQUIOMETRÍA”</b>	

Nombre del estudiante: \_\_\_\_\_ Grado: \_\_\_\_\_

- Si en tu casa quisieras preparar hidróxido de magnesio como medicamento para la acidez gástrica y cuentas con 36 gr de monóxido de magnesio (MgO). ¿Qué tendrías que hacer para que esa cantidad de MgO se transforme completamente en Mg(OH)<sub>2</sub>?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---



---



---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---



---



---

¿Qué le hace entender el problema?

---



---



---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrán otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

**4. Revisión del proceso**

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

2. Si tienes ácido sulfúrico con un 80% de pureza, y partir de éste necesitas obtener 25 gr de sulfato de magnesio  $\text{MgSO}_4$  para preparar una solución con agua que te sirva como desinflamatorio muscular. ¿Qué procedimiento debes realizar para obtener cierta cantidad de  $\text{MgSO}_4$  ?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

### **1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrán otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

**4. Revisión del proceso**

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?



---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

3. Si observas en un laboratorio químico a una persona que intenta por medio de la reacción entre hidrogeno gaseoso y nitrógeno en el mismo estado, producir 4 moles de amoniaco a partir de una sola mol de  $N_2$ , ¿Consideras que está realizando el procedimiento correcto? Justifica tu respuesta

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

**1. Familiarización del problema**

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrán otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

**4. Revisión del proceso**

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

4. Una persona pretende obtener una cantidad exacta de nitrógeno gaseoso en un laboratorio. Dicha persona ha realizado varios procedimientos utilizando varias cantidades de amoníaco sin éxito alguno en su objetivo. Esta persona te pide que le des una solución, ya que no comprende el motivo del fracaso en su objetivo si parte del siguiente razonamiento macroscópico:



A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:

¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

### 1. Familiarización del problema

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

**2. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

**3. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

#### 4. Revisión del proceso

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---

5. Una persona puso a reaccionar en un mismo recipiente agua y monóxido de potasio ( $K_2O$ ) obteniendo soda caustica para usarla como insumo en la elaboración de un jabón. Dicha persona solo obtuvo 112 gramos, pero necesita el doble de dicha cantidad para que el jabón cumpla con las condiciones óptimas para su uso. ¿Qué solución le darías a dicha persona para que obtenga la cantidad requerida?

A partir de la situación planteada anteriormente responde las siguientes preguntas:  
¿Entiendes de qué se trata el problema que debes resolver? Explícalo con tus palabras.

#### 5. Familiarización del problema

¿Qué le piden hacer en la situación problema mostrada?

---

---

---

¿Qué debe tener en cuenta para dar la respuesta?

---

---

---

¿Qué le hace entender el problema?

---

---

---

¿Qué imagen puede representar del problema?

---

---

---

¿Alguna vez se había enfrentado a este tipo de problemas?

---

---

---

**6. Búsqueda de estrategias diversas:**

¿Qué estrategias puede organizar para encontrar la solución?

---

---

---

¿Considera que la forma de plantear el problema le ayudará a encontrar la respuesta?

---

---

---

**7. Desarrollo de la estrategia**

Describe el paso a paso de la estrategia que llevó a cabo para la solución del problema:

---

---

---

¿Habrá otros caminos para hallar la respuesta? ¿Cuáles?

---

---

---

**8. Revisión del proceso**

¿Considera que el camino que tomó es el mejor para resolver el problema? ¿Por qué?

---

---

---

¿Qué fortalezas e inconvenientes cree que tuvo en la solución del problema?

---

---

---