



**Acreditación Institucional  
DE ALTA CALIDAD**  
Resolución 009527 Mineducación Sep. 6 de 2019

**APORTE DE LA HABILIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL  
APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA, A TRAVÉS DE UNA UNIDAD  
DIDÁCTICA MEDIADA POR LAS TIC**

**ERNESTO USCÁTEGUI MOLANO**

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

**2022**

**APORTE DE LA HABILIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL  
APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA, A TRAVÉS DE UNA UNIDAD  
DIDÁCTICA MEDIADA POR LAS TIC**

**Autor**

**ERNESTO USCÁTEGUI MOLANO**

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

**Directora de tesis**

**Mg. ANA MILENA LÓPEZ RÚA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES**

**MAESTRÍA EN ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS**

**MANIZALES**

**2022**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por ser la fuente de inspiración en este nuevo desafío de conocimiento y permitirme conservar mi salud física, psicológica y emocional en estos tiempos difíciles. A mi familia por ser esa fuerza que impulsa hacia nuevos logros. A la memoria de mi abuela Mercedes Vega de Molano y especialmente a mi hija Paula Juliana Uscátegui por su comprensión en aquellos días que me internaba en el estudio para realizar los análisis y por su autonomía pudo superar todos sus compromisos.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mi madre Gloria Cecilia Molano por apoyarme y animarme durante este proyecto.*

*A mi esposa Adriana Carolina Sánchez por sus palabras de motivación cuando no se encuentra el camino.*

*A mi directora de tesis la Doctora Ana Milena López Rúa, por compartir su conocimiento y apoyo a lo largo de la maestría y culminación de la investigación.*

*A todos los docentes de la MEC-UAM por cada una de sus enseñanzas y amor por su profesión que transmitían en sus clases.*

*A los estudiantes del grado décimo del Colegio de Boyacá, porque son ellos los que me motivan siempre a querer ser mejor en lo que se hace.*

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría, dirigido a un grupo de 10 estudiantes de grado décimo del Colegio de Boyacá de la ciudad de Tunja. El estudio se desarrolló mediante un enfoque de investigación cualitativo con alcance descriptivo, en la cual se diseñó y aplicó una unidad didáctica mediada por las TIC, organizada en tres momentos, la ubicación donde se realizó la recolección de la información inicial mediante un instrumento de lápiz y papel, la desubicación donde se realizaron actividades individuales y grupales, relacionadas con los niveles de representación en química, las habilidades para la resolución de problemas y la enseñanza de la estequiometría y el momento de reenfoque donde se aplicó el instrumento de recolección de la información final.

La interpretación de los resultados se realizó a través de la triangulación de datos, donde se contrastaron cambios en las categorías de análisis obtenidos antes y después de la intervención didáctica, también se empleó la triangulación teórica que permitió establecer acercamientos con otros trabajos de investigación y las inferencias del investigador.

El análisis del instrumento inicial evidenció niveles de resolución de problemas inferiores, pero estos mejoraron progresivamente con la intervención didáctica ubicándose en niveles superiores, de igual manera sucedió con los niveles de representación en química. La habilidad de resolución de problemas aportó al aprendizaje de la estequiometría, favoreciendo las capacidades de los estudiantes de reconocer, plantear, formular y diseñar estrategias de resolución.

**Palabras Clave:** Resolución de problemas, niveles de resolución de problemas, representación en química, niveles de representación en química, estequiometría, aprendizaje.

## ABSTRACT

The following study sought to characterize the contribution of problem solving ability to stoichiometry learning, aimed at a group ten tenth graders from Colegio de Boyacá in Tunja, Colombia. For this descriptive qualitative study, was designed and implemented a didactic unit mediated by ICTs in three moments. The first moment involved collecting data on how students solved problems using paper and pencil. In the second moment, the students worked individually and in groups to solve problems on chemical composition, structure, and stoichiometry. The last moment, which was also the final data collection step.

For the data analysis, was compared the data collected before and after the intervention. Theoretical triangulation was used in order to connect the results with other studies the researcher's inferences.

The results of the initial instrument showed lower levels of problem solving, but these progressively improved with the didactic intervention, being located at higher levels, in the same way it happened with the levels of representation in chemistry. The problem solving ability aided in the students' learning of stoichiometry. Consequently this intervention can help students increase their ability to recognize, propose, formulate, and design solution strategies.

**Keywords:** Problem solving, problem solving levels, representation in chemistry, levels of representation in chemistry, stoichiometry, learning.

## CONTENIDO

1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
	1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	11
2	JUSTIFICACIÓN.....	19
3	OBJETIVOS.....	21
	3.1 OBJETIVO GENERAL.....	21
	3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
4	MARCO CONCEPTUAL.....	22
	4.1 INTRODUCCIÓN.....	22
	4.2 OBSTÁCULOS EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA.....	22
	4.3 NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA.. .....	25
	4.3.1 Nivel Macroscópico En La Enseñanza De La Química.....	26
	4.3.2 Nivel Microscópico En La Enseñanza De La Química.....	27
	4.3.3 Nivel Simbólico En La Enseñanza De La Química.....	27
	4.4 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS.....	28
	4.4.1 Modelo De Resolución De Problemas De Polya.....	31
	4.4.2 Modelo De Resolución De Problemas De Mason-Burton-Stacey.....	31
	4.4.3 Modelo De Resolución De Problemas De Schoenfeld.....	32
	4.4.4 Modelo De Resolución De Problemas De Miguel De Guzmán.....	33
	4.4.5 Modelo De Resolución De Problemas De Colombo.....	34
	4.4.6 Modelo De Resolución Problemas De José Joaquín García.....	34

4.4.7	Modelo De Resolución De Problemas De Tamayo.....	39
5	METODOLOGÍA.....	42
	5.1 ENFOQUE Y ALCANCE .....	42
	5.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO .....	43
	5.3 UNIDAD DE TRABAJO .....	43
	5.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS .....	44
	5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS .....	44
	5.6 DISEÑO METODOLÓGICO.....	47
	5.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	49
	5.8 PLAN DE ANÁLISIS.....	50
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	51
	6.1 ANÁLISIS LOS NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INICIALES. .....	51
	6.2 ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA INICIALES .....	58
	6.3 ANÁLISIS LOS NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS FINALES	60
	6.4 ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA FINALES .....	67
	6.5 ¿CUÁL ES EL APOORTE DE LA HABILIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA, A TRAVÉS DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA MEDIADA POR LAS TIC? .....	72
7	CONCLUSIONES .....	75
8	RECOMENDACIONES.....	77
9	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	78



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Términos empleados para para representar los tres niveles de conocimiento en la química .....	25
Tabla 2 Heurístico general (sintetizado) para el proceso de resolución de problemas.....	35
Tabla 3 Niveles de resolución de problemas.....	39
Tabla 4. Categorías de análisis .....	45
Tabla 5 Fases de la investigación .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Página Principal Estequiometría al Alcance de Todos .....	48
Figura 2 Síntesis del trabajo metodológico .....	50

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 UNIDAD DIDÁCTICA .....	84
ANEXO 2 AUTORIZACIÓN PARA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS .....	91
ANEXO 3 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	92
ANEXO 4 ESQUEMA DE TRABAJO Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN .....	95
ANEXO 5 CONSOLIDACIÓN DE COMPETENCIAS .....	97
ANEXO 6 TRABAJO EN EQUIPO .....	101
ANEXO 7 EXPERIMENTO REACCIÓN ACIDO BASE.....	103
ANEXO 8 CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CONOCIMIENTO .....	105

# 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El propósito de esta investigación es caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría, mediante el diseño y aplicación de una unidad didáctica mediada por TIC. Para ello, se plantea el problema en función de dos aspectos centrales: el primero con relación a la experiencia docente en la que se han identificado obstáculos en la resolución de problemas estequiométricos y el uso de estrategias y, el segundo aspecto está relacionado con los antecedentes de investigación que dan cuenta de la existencia de ciertas dificultades en el aprendizaje de la estequiometría y la resolución de problemas.

La dinámica de la sociedad actual viene precisando procesos de cambios significativos, transformaciones que se percibe en el ámbito educacional, lo que lleva necesariamente al constante estudio del hecho educativo, de esta realidad no escapa, el aprendizaje de las ciencias naturales, en la cual se ha venido observando, que aun cuando, se obtienen resultados, muchos de esos estudios se encuentran fuera de contexto en sus componentes esenciales, como lo son: la actuación del docente, la actividad de los estudiantes, los contenidos programáticos y las estrategias didácticas, incluso, hasta se indaga acerca de la influencia que tiene el factor socioeconómico. Como quiera que sea, no se logra apuntar adecuadamente a la solución de la problemática que se presenta en el nivel de básica secundaria y educación media, que se refleja en la deserción escolar, índice de repitencia, baja motivación para seguir carreras profesionales que se evidencia en el seguimiento hecho por el establecimiento a sus exalumnos.

Debe considerarse que la práctica docente es el objeto de aprendizaje del educador y este se alcanza desde su propia vivencia con sus particularidades. Dicho de otra forma, el ejercicio de su profesión requiere aprender para lograr enseñar desde su escenario profesional. Para tal efecto, es imprescindible retomar acciones reflexivas, para que el profesor resuelva problemas mediante la aplicación de teorías y técnicas como consecuencia de su formación, autonomía y responsabilidad, aunado a esto, su experiencia es el punto de inicio para la enseñanza y aprendizaje de otros docentes (Schön, 1992).

Por otra parte, es importante señalar que el estudiante se encuentra en el momento preciso en el que viene aprendiendo, desarrollando estrategias y aplicando procedimientos que le permiten vencer obstáculos, la resolución de problemas, le permiten manejar ciertas situaciones que corresponde con una cualidad que involucra el pensamiento crítico (Tamayo, Zona y Loaiza, 2014), aseveración, que le imprime numerosos aportes al hecho educativo, ventajas que deben ser aprovechadas y potenciadas al máximo, pues hacen énfasis en la incorporación de habilidades, actitudes y procedimientos frente al conocimiento científico. De igual manera, se destaca que al establecer como estrategia didáctica la resolución de problemas deben considerarse diversos escenarios y realidades particulares del individuo, situaciones que, en muchos casos, escapa de la heurística o estrategias para resolver problemas; de no ser de este modo, la aplicación del método, difícilmente, consigue los resultados esperados. Se debe recordar tal como se mencionó con anterioridad, que por sí mismo, el pensamiento crítico es bastante complejo, dado que pensar de manera reflexiva, involucra además de, asumir responsablemente las ideas, la vida, con el fin de mejorarla considerando el bienestar propio (Tamayo et al., 2014).

Al relacionar lo descrito hasta este momento con el proceso de aprendizaje de las ciencias naturales, y más específicamente del área de química y su contenido referido a estequiometría, es posible detectar diversas dificultades en los estudiantes de educación media para la construcción de su conocimiento, entre ellos, la cuantificación de los átomos o moléculas representadas en una ecuación química y relacionarlas con unidades de masa. Esto conlleva, a un limitado progreso en el proceso de aprendizaje. De esta misma manera, se dificulta la comprensión del conocimiento científico, la explicación de las relaciones cuantitativas en reacciones químicas inorgánicas y la comprensión de la unidad de mol.

Tomando en consideración lo señalado en el párrafo anterior, es conveniente precisar ciertos conflictos u obstáculos que se presentan cuando se está impartiendo la enseñanza de estequiometría, y que dificultan, no solo la forma de abordar el contenido, sino también el aprendizaje, la comprensión por parte del estudiante de los conceptos, a saber, se plantea que los estudiantes muestran confusión ante cantidades y conceptos de moles, concentraciones, masas, volúmenes los cuales son necesarios para resolver problemas

(Frazer y Servant, 1987 citado por Raviolo y Lerzo (2016). También se señala que existe total incomprensión del significado de la ecuación química, puesto que no logran caracterizar el estado final, aun teniendo conocimiento de la composición del sistema inicial (Arasasingham et al., 2004 citado por Raviolo y Lerzo (2016).

Del mismo modo se ha determinado que hay escasa comprensión sobre las fórmulas químicas, sus partículas y todo lo que se representa, índices, subíndice, coeficientes estequiométricos, a pesar que muestra habilidades para el balanceo de ecuaciones químicas (Yarroch, 1985); Asimismo los estudiantes no entienden el principio de conservación de la masa en el cambio químico (Mitchell y Gustone, 1984). Es común observar que muchos de ellos muestran confusión al señalar el reactivo limitante indicando que este corresponde a la sustancia con menor índice estequiométricos en la ecuación ya balanceada (Huddle y Pillay, 1996). Como puede notarse, son diversos los aspectos que constituyen obstáculos para el aprendizaje de la química, sin embargo, son motivos suficientes para que investigaciones y estudios sobre esta temática se lleven a cabo, buscando formas de mejorar el aprendizaje y facilitar la enseñanza del profesorado.

En este punto es significativo presentar, los resultados obtenidos de la aplicación de las pruebas saber 11 en el área ciencias naturales en el Colegio Boyacá, en estas se obtuvo 60 puntos para el año 2021, 60 en 2020, 60 en 2019, 63 en 2018, 62 en 2017 y 60 en 2016, con lo que se evidencia un leve aumento en los porcentajes de acierto de los estudiantes, se puede ver también, que del total de estudiantes que presentaron la prueba saber en 2021, el 82% del grado 11 presentó la prueba Saber, lograron ubicarse en el nivel alto de los estudiantes, un 17% en el nivel básico y un 1% en el nivel bajo. En virtud de estos resultados, surge la necesidad de implementar estrategias didácticas que permitan el aprendizaje de los estudiantes que se ubican en bajos niveles. En consonancia con estos resultados, es preciso aclarar que la prueba de Saber en cuestión, reporta información que permite clasificar al estudiante por niveles, sin embargo, esta no hace referencia directa, al uso de la metodología de resolución de problemas en contenidos como la estequiometría específicamente, más bien, son resultados referentes a la metacognición en general.

Por otro lado, al realizar un análisis por temática, se evidenció la necesidad de intervenir con estrategias, de tal modo, que el alumno consiga caracterizar fenómenos de la naturaleza, sustentando su análisis en la información y conceptos propios del conocimiento científico, de tal manera, que se superen las dificultades en el contenido de estequiometría. Como hemos venido mencionando, se ha observado que los estudiantes de grado décimo del Colegio de Boyacá al iniciar su año lectivo, parecen llegar un poco desmotivados y sienten que la institución no les despierta interés alguno. A esto, se le añade la idea que tienen sobre lo complejo y abstracto que puede ser el conocimiento científico y la química para ellos, dadas las exigencias necesarias, entre ellas, memorizar leyes, teorías, fórmulas, ecuaciones, entre otras, y codificando en su cerebro que el área es algo ajeno a su contexto inmediato. En otras palabras, se tiene la creencia que el tema de estequiometría es difícil de entender, lo cual, genera repercusiones negativas en su desarrollo cognitivo a lo largo de la asignatura y en sus múltiples contenidos y aplicaciones.

Son numerosos los estudios en que los que se ha indagado con respecto al aprendizaje en el contenido de la estequiometría, y son diversos los que señalan que la mayor dificultad se encuentra en comprender la diferencia entre el nivel macro y microscópico de la materia Galagovsky y Glaudice (2015), Moreno (2011), entre otros. Además, parece ser complejo, para ellos, entender conceptos como mol y número de Avogadro, conectar las fórmulas químicas, ecuaciones y expresiones matemáticas para representar las cantidades de sustancia, cantidades molares, reactivo límite y conservación de la materia (Kind, 2004).

La estequiometría es una temática de difícil comprensión en los estudiantes de grado décimo del establecimiento público Colegio de Boyacá a la hora de resolver balanceo de ecuaciones químicas, realizar cálculos que involucren las moles y la masa, encontrar que cantidad de reactivos deben reaccionar para obtener cierta cantidad de producto, y aún más, si los problemas planteados involucran porcentajes de pureza y reactivo límite; lo que hace que la asignatura se vuelva difícil y aburrida ya que aparece la frustración cuando no se resuelven los ejercicios.

Ahora bien, de hace 10 años hasta este momento, se pueden encontrar estudios que se han venido desarrollando, con relación al aprendizaje de la química, en este caso particular, referido al contenido de la estequiometría habría que decir también, que se citan fuentes documentales que describen el proceso de enseñanza y aprendizaje en la cuantificación de sustancias presentes en las reacciones químicas.

Satizabal (2018), evaluó la implementación de una secuencia diseñada para estudiantes del grado décimo del Colegio Berchmans, en Cali. La investigación se desarrolló bajo un diseño cualitativo de tipo descriptivo y la metodología elegida fue estudio de caso. Se efectuó una prueba diagnóstica, se implementó la secuencia didáctica y se evaluó en relación a la consecución de la competencia del uso comprensivo del conocimiento científico de la estequiometría, como conclusión se demuestra que se obtuvieron resultados positivos en situaciones que implican reacciones químicas sencillas y sustancias de fácil identificación.

Entre tanto, Díaz, Natera y Pérez (2017), plantearon el fortalecimiento en los estudiantes de la competencia que les permite la resolución de problemas, usando el método de Polya, como estrategia metodológica, pues se determina la necesidad de desarrollarla para todos los escenarios, sobre todo en las ciencias, en este caso particular, las matemáticas en las cuales se puede lograr mejor comprensión; razón que amerita la reorientación hacia la implementación de acciones que involucren novedad, creatividad y sobre todo la lógica, potenciando con ello las habilidades y destrezas, el desarrollo del pensamiento crítico.

Por su parte, Galagovsky y Glaudice (2015), muestran el análisis necesario para diseñar problemas de estequiometría, se destaca en esta investigación, la existencia de obstáculos en la comprensión de este contenido, dadas algunas limitaciones para el estudiante en cuanto al lenguaje utilizado en química, así como también, hace énfasis en la aplicación de la ley de la conservación de la masa y las restricciones epistemológicas que llevan al proceso, solución y verificación de la misma. Se resalta en este estudio la necesidad que se tiene de cuidar lo que se dice, también es importante lo que indica el profesor, su

vocabulario y lo que realmente quiere transmitir al alumno con respecto al estudio de la química.

El estudio de Mantilla (2014), tuvo como finalidad la aplicación de una unidad didáctica como estrategia que favorece la enseñanza y el aprendizaje de la estequiometría. Se implementó una metodología con enfoque cuantitativo y un diseño cuasi experimental, llegando a la conclusión que la unidad se convirtió en una herramienta que llevo al estudiante a la apropiación del contenido, incrementando el interés y motivación hacia la adquisición del conocimiento.

El trabajo realizado por las investigadoras Martínez y De Longhi (2013), deja claro que entre los obstáculos para la comprensión de la temática en cuestión es la comprensión lectora, el déficit en las habilidades lingüísticas genera problemas al momento de entender un problema y establecer cómo resolverlo. En el área de química, al igual que otras áreas especializadas, se maneja un lenguaje específico que debe ser conocido y entendido para que la comprensión de la lectura sea efectiva.

Por su parte, Loaiza (2011), logró demostrar que se puede adquirir aprendizaje significativo en este contenido, implementando estrategias diversas a través de una unidad didáctica, en la que se involucran experiencias innovadoras que llevan al conocimiento de la estequiometría, cambiando de esta manera, la enseñanza tradicional por un modelo didáctico de investigación orientada.

Por otra parte, Garzón (2012), desarrolló un trabajo, en el cual diseñó una propuesta didáctica que puede ser empleada a diversos grupos de estudiantes que se inician en el estudio de esta temática. Esta propuesta tomo en cuenta la parte legal correspondiente, el contexto del aula, las bases pedagógicas del constructivismo, el E-learning y ciertas estrategias de la Escuela Activa, con esta se pretende dar además de un aporte pedagógico al profesor, alternativas viables que le permiten al estudiante la comprensión de los aprendizajes.



Por su lado, Moreno (2011), tuvo como objetivo elaborar una guía a partir del uso analogías, como estrategia didáctica y mejorar con su implementación el aprendizaje de la estequiometría en esta investigación, se consiguió efectividad de la estrategia didáctica lo que se evidenció en el estímulo del desarrollo de los procesos lógicos del pensamiento, el entendimiento del concepto y el alcance de nivel teórico, en consecuencia, se logró, la apropiación de los procedimientos, se incrementó la capacidad para resolver problemas y con todo esto el rendimiento académico también se vio favorecido.

Por otro lado, el trabajo realizado por Pinto (2004), enfocado en estudiantes del primer curso de ingeniería, llegó a la conclusión que además de aspectos motivacionales, el uso de herramientas didácticas contribuye a una mejor asimilación de los conceptos y contenidos manejados, por lo tanto, es de vital importancia que se consideren elementos y aspectos que favorezcan la asociación de lo aprendido con la cotidianidad.

Como puede observarse, en las investigaciones que se han presentado, los autores muestran que es fundamental utilizar ciertas estrategias y efectividad en los resultados encontrados ante la implementación de métodos diversos que favorecen el aprendizaje de la estequiometría y en la resolución de problemas, consecuentemente, puede señalarse, que demuestran la necesidad y relevancia de elaborar diferentes materiales y utilizar herramientas para reforzar el conocimiento y estimular el interés del estudiante propiciando con ello el aprendizaje profundo.

Pues bien, las razones expuestas llevan a proponer en el presente estudio una unidad didáctica que favorezca el proceso de aprendizaje de la estequiometría, implementando actividades que motiven al estudiante y desarrollen la habilidad de resolución de problemas del mismo modo les lleve a comprender los conceptos fundamentales, leyes ponderales, ecuaciones químicas, balanceo de ecuaciones químicas, proporciones estequiométricas, reactivo límite y reactivo en exceso, haciendo analogía con lo cotidiano. Por tal razón, y teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, es conveniente plantearse la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el aporte de la habilidad de resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría, a través de una unidad didáctica mediada por las TIC?

## 2 JUSTIFICACIÓN

Los temas inmersos en la química presentan complejidad para que los estudiantes los aprendan, y la estequiometría contribuye en gran medida, sin embargo, la presente investigación propone caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría con estudiantes de décimo grado del Colegio de Boyacá, implementada mediante el diseño y aplicación de una unidad didáctica mediada por las TIC; para ello, es apropiado que los docentes reflexionen sobre su desempeño y la posibilidad de motivar en su aula, utilizando métodos que aviven su interés hacia la ciencia y les permita aprendizajes profundos.

En virtud de lo anterior, es conveniente mencionar la relevancia que en la actualidad está teniendo la tecnología de la información y la comunicación y su desarrollo, puesto que ejercen gran influencia en el proceso de aprendizaje del discente, razón de peso, que conlleva a que estas sean integradas a las actividades que se implementen en el aula y que sirvan de apoyo potencial para la adquisición del conocimiento, dado el valioso aporte a las prácticas didácticas y al interés que despierta en el estudiante su utilización. En consecuencia, en la presente propuesta se da la incorporación de ciertas estrategias que involucran herramientas tecnológicas como software de simulación de laboratorio y que favorecen la enseñanza y aprendizaje de la estequiometría

El proceso educativo requiere que se mejoren los aprendizajes, para este caso particular los referidos al área de la química inorgánica, y con ello, el desarrollo de las habilidades de pensamiento crítico en los estudiantes de grado décimo del establecimiento público Colegio de Boyacá de la ciudad de Tunja. Por ello, es valioso que se fortalezcan los procesos de aprendizaje y la práctica educativa implementando estrategias didácticas mediadas por las TIC que les permita a los estudiantes en un escenario virtual y simulado resolver problemas que es una habilidad importante que se debe adquirir en los primeros años escolares e ir fortaleciendo a medida que el estudiante avanza en los distintos niveles académicos, de tal forma que se elija un camino de resolución, se fomente la socialización, las competencias de argumentación y la metacognición. Por lo tanto, el método de resolver problemas

incrementa el interés por el aprendizaje de la química e involucra el desarrollo del pensamiento crítico.

Es relevante destacar que, como producto de la presente investigación, se obtendrá una unidad didáctica, recurso de gran utilidad para el docente, puesto que se convierte en un compendio de estrategias innovadoras que facilita la enseñanza de la química y su contenido en estequiometría. Desde la perspectiva metodológica, se propone con esta unidad didáctica contribuir con el proceso de aprendizaje indicando el desarrollo de actividades paulatinas que permiten el logro de las metas propuestas.

Es necesario agregar que el diseño de una unidad didáctica como estrategia para la enseñanza y aprendizaje de la estequiometría corresponde a un gran aporte, debido a que ofrece a la comunidad educativa, alternativas viables que favorecen el proceso didáctico, y que por analogía puede ser extrapolado a otras áreas del conocimiento para su aplicación particular. Aunado a esto, se favorece con esta investigación, el proceso de evaluación, dado que en la unidad didáctica se muestran estrategias evaluativas que permiten llevar el control y seguimiento, no solo, de los resultados, sino también del proceso cognitivo en toda su extensión.

Es importante señalar, que esta propuesta favorece e incrementa los motivos para emplear en su totalidad los recursos didácticos existentes en el establecimiento público como laboratorios de ciencia y tecnología en favor del proceso de enseñanza y aprendizaje. Así como también, corresponde a un aporte significativo ajustado a los lineamientos políticos en el ámbito educativo que debe y requiere ser aprovechado en beneficio de la formación integral del estudiante, de la práctica del profesor y, por ende, de los fines educativos del mismo establecimiento.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría a través del diseño y aplicación de una unidad didáctica mediada por las TIC.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Identificar los niveles de resolución de problemas y los niveles de representación en química iniciales que tienen los estudiantes sobre la estequiometría.

Describir el cambio en los niveles de resolución de problemas y en los niveles de representación en química que logran los estudiantes sobre la estequiometría, una vez aplicada la unidad didáctica.

## **4 MARCO CONCEPTUAL**

### **4.1 INTRODUCCIÓN**

En este trabajo entendemos el aprendizaje de la estequiometría, como un cambio en los niveles de representación en química, específicamente, en el posible tránsito que realizan los estudiantes de un nivel macroscópico a uno microscópico o simbólico Johnstone, (1982). Complementario a esta idea, el resolver problemas estequiométricos, es un posible indicador del aprendizaje de aspectos referidos a la química inorgánica Galagovsky y Glaudice (2015). También este apartado presenta la base teórica que sustenta el trabajo de investigación y, en especial las categorías de análisis. En primer lugar, presentamos los obstáculos más referenciados en la literatura acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la estequiometría. En segundo lugar, hacemos referencia los niveles de representación en química, que serán empleados en este trabajo para explicar la categoría del aprendizaje en química; finalmente, referimos la resolución de problemas y las distintas perspectivas teóricas y más importantes en la literatura.

### **4.2 OBSTÁCULOS EN LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA**

Entre los estudios acerca de las dificultades en el aprendizaje de la química, el análisis realizado por Childs (2009), muestra que, para los estudiantes, la química es una de las disciplinas científicas más arduas y difíciles de aprender. Estas dificultades están latentes en el aula y conllevan a bajas comprensiones por parte de los estudiantes, quienes tienen sus propias creencias, lenguajes, puntos de vista y afectos sobre esta disciplina. Además, diversos estudios nos muestran que la enseñanza de las ciencias y en particular la química, todavía sigue siendo en parte reproductiva y centrada en el profesor (Porlán y Rivero, 1998).

Ahora bien, Caamaño (2014), considera tres niveles de pensamiento en los que la química puede ser enseñada: macroscópico, microscópico y simbólico, a lo cual se le conoce como el triplete de Johnstone. Sin dejar de mencionar, la abstracción a la que llegan ante el

concepto de mol, pues en la secundaria la comprensión del conocimiento alrededor de las partículas es inconsistente (Lazonby, Morris, y Waddington, 1992). Asimismo, se considera este inconveniente para entender acerca de la cantidad de sustancia, lo que se atribuye a conceptos previos poco consolidados, como es el caso de la definición y diferenciación de términos como mezcla y compuesto o átomo y molécula.

Retomando lo anterior, encontramos que una de las dificultades que se presenta en el nivel microscópico es en el concepto de átomo; pues los estudiantes parecen no tener una representación microscópica adecuada de la sustancia, lo cual puede favorecer que consideren un compuesto como una mezcla aleatoria de átomos, dado que tanto en la mezcla como en el compuesto intervienen, como mínimo, dos componentes (Ordenes, Arellano, Jara y Merino, 2014).

Otro obstáculo de considerable relevancia, el cual es relacionado con las destrezas hacia el cálculo matemático, pues existen a este nivel limitadas bases para resolver problemas en el área de química que requieren aplicar conocimiento matemático. Sin dejar de mencionar, que 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). Ante esto, existe la posibilidad que el proceso de enseñanza sea efectivo, si se hace énfasis en el empleo de problemas reales, contextualizados en lo que se describan fenómenos cotidianos. Es importante replantear la forma de enseñar, puesto que una vez que los conceptos se entiendan se puede ahondar más en el contenido de la materia, además es significativo el hecho que para resolver problemas en química se requiere comprender la ley de conservación de la masa (Oñorbe y Sánchez, 1996).

Por un lado, es común observar que también se presentan en el aula problemas relacionados con la lectura, al estudiante le cuesta entender el enunciado del problema, lo que conlleva a que tenga mayor dificultad para resolverlo, asimismo, entender el vocabulario que está envuelto en el tema de estequiometría tiene gran complejidad incrementando los inconvenientes para la resolución. Al respecto Carlino, (citado por Martínez 2013), expresa que la lectura no es una habilidad adquirida de inmediato y para siempre, sino que se va

construyendo con relación a un área de conocimiento; es decir, es de dominio específico; por tanto, leer y comprender un texto de química, demanda particularidades diferentes a un texto de sociología, por ejemplo.

Por otro lado, al momento de explicar un concepto químico y de comprenderlo, existe extrema dificultad para diferenciar y lograr relacionar los niveles de representación de la materia que existen en química, este contenido es de gran importancia para el entendimiento de la estequiometría (Vallejo, 2017). Y es que no parece nada sencillo internalizar que la materia se presente en diferentes representaciones fenomenológicas, que se establecen desde la percepción bien sea por la experimentación o por la cotidianidad, estas detallan la materia desde su forma, color, tamaño, estado de agregación física, volumen, masa, entre otras que al ser perceptibles de algún modo se comprenden con mayor facilidad.

Ahora bien, introducir al estudiante al nivel microscópico o ese que corresponde con representaciones modélicas es una acción más compleja; los conceptos involucrados como átomos, iones y moléculas, requieren mayor abstracción, dificultando por tanto, la explicación para el docente y la comprensión por parte del estudiante, adicionalmente, en el nivel simbólico se tienen la simbología que representa las sustancias y las combinaciones entre ellas, que es prácticamente hablar de un nuevo lenguaje para el discente, el lenguaje químico Vallejo, (2017).

Como puede notarse, para el estudiante estos niveles de representación son un mundo totalmente ajeno que genera barreras para su aprendizaje y que debe ser motivo de preocupación para el docente y razón suficiente para que busque alternativas y estrategias de enseñanza y aprendizaje que facilite la comprensión de los contenidos y con ello, también la adquisición de conocimientos estequiométricos.



### 4.3 NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA QUÍMICA

En la literatura, existe un gran número de trabajos que se refieren a las representaciones de los estudiantes en química y, al respecto, parece no existir un consenso en su denominación, tal como se evidencia en la tabla 1:

**Tabla 1** Términos empleados para para representar los tres niveles de conocimiento en la química

<b>Autores</b>	<b>Términos usados</b>
Andersson, 1986	Mundo macroscópico, mundo atómico
Ben-Zvi, 1987	Nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico.
Gabel, Samuel & Hunn, 1987	Nivel macroscópico, nivel submicroscópico, nivel simbólico.
Johnstone, 1982	Nivel macro, nivel submicroscópico, nivel simbólico
Bodner, 1992	Mundo macroscópico de la química, mundo submicroscópico de la química, mundo simbólico de la química
Johnstone, 1993	Macroquímica, submicroquímica, química representacional
Fensham, 1994	Mundo macroscópico, mundo atómico
Nakhleh & Krajcik, 1994	Sistemas macroscópicos, sistemas submicroscópicos, sistemas simbólicos, sistemas algebraicos

Johnstone, 2000	Macro, submicroscópico, representacional
Treagust, 2003	Macroscópico, submicroscópico, simbólico

Fuente: Ordenes, et al., 2014.

Teniendo en cuenta lo anterior, los conceptos de macroscópico, microscópico y simbólico, a nuestro parecer tienen mayor acogida y pueden representar mejor los conocimientos que los estudiantes deben adquirir para aprender química.

En tal sentido, la enseñanza y el aprendizaje de la química requiere necesariamente el tránsito entre estos niveles de representación, independientemente de las estrategias utilizadas por el docente, puesto que se abordan y describen problemas en los que se estudian fenómenos observables, el comportamiento de algunas sustancias desde su composición molecular, atómica e iónica y se realizan los respectivos cálculos matemáticos. Esto, conlleva a que el éxito de este aprendizaje radique en que el estudiante logre hacer asociaciones mentales entre los diferentes niveles de representación para un fenómeno químico cualquiera y que luego sea capaz de representarlo, por ello es primordial que al introducir dichos niveles se haga de forma idónea, sobre todo cuando se trata de aquellos diferentes al macroscópico, dado que son los de mayor complejidad para su entendimiento (Vallejo, 2017).

#### **4.3.1 Nivel Macroscópico En La Enseñanza De La Química**

Está representado por las características del fenómeno químico que se está estudiando y que son perceptibles o tangibles, tanto en el laboratorio como en la vida cotidiana; por tanto, pueden ser medidas. Ejemplos de este nivel son la masa, la densidad, el olor, el color, la temperatura, entre otros.

Al respecto, algunos estudios han demostrado que los estudiantes fundamentan su comprensión mediante el uso de representaciones macroscópicas; sin embargo, al ir del

nivel macro al micro o al simbólico no se tiene el mismo resultado (Treagust y Chandrasegaran, 2009).

#### **4.3.2 Nivel Microscópico En La Enseñanza De La Química**

En la enseñanza de la química es conveniente hacer uso de analogías para explicar el nivel microscópico de la materia y que permitan al estudiante comprender el comportamiento de los átomos, moléculas o iones en un fenómeno químico. Así lo exponen Raviolo y Lerzo (2016), cuando precisan que resolver situaciones estequiométricas implica la comprensión de los conceptos de fórmula química, reacción química, ecuación química, reactivos y productos, subíndices y coeficientes estequiométricos, terminología que ha presentado gran complejidad para los estudiantes, estas dificultades van más allá de los cálculos matemáticos.

Ante esto, un significativo recurso didáctico es el empleo de analogías para enseñar reactivo limitante, con ello se logra efectivamente establecer conexiones entre el pensamiento macroscópico y el molecular (Avargil, Bruce, Amar y Bruce, 2015). En virtud que se está promoviendo el razonamiento analógico o proceso del pensamiento que lleva a la comprensión, representación y explicación de algún fenómeno, está relacionado con el aprendizaje, la formación de conceptos y la resolución de situaciones problemáticas, por lo que es de gran utilidad entre los científicos y educadores (Raviolo y Lerzo, 2016).

#### **4.3.3 Nivel Simbólico En La Enseñanza De La Química**

Este nivel está representado por símbolos, fórmulas, ecuaciones, esquematizaciones o formalizaciones; para comprender este nivel, es importante que los estudiantes hayan comprendido los niveles anteriores: el macroscópico y el microscópico. Sin embargo, Taber (2013), señala que es necesario hacer una revisión de los tres niveles, haciendo énfasis en la relación entre el nivel simbólico y los restantes, permitiendo que desde el nivel simbólico se transite entre el macroscópico y el submicroscópico. En consecuencia, se puede afirmar que al alcanzar una comprensión adecuada de niveles macro y microscópico, se facilita la comprensión simbólica.

Lo explicado en el párrafo anterior deja en perspectiva la importancia de incluir actividades de aprendizaje desde el nivel simbólico que faciliten la comprensión y desarrollo de los aspectos cuantitativos de la estequiometría, tales como el uso de regla de tres simple para determinar la cantidad de producto que se genera a partir de una cantidad dada de reactivos, la verificación del balanceo de la reacción química por tanteo, operación para determinar la pureza de los reactivos, el porcentaje de rendimiento de la reacción, entre otros que requieren inevitablemente también el uso de la simbología. Esto, nos lleva entonces a considerar los símbolos en química como representaciones que adoptan una amplia variedad de formas y deben ser aprendidas por los estudiantes para alcanzar la total comprensión de los niveles de representación y de los contenidos (Raviolo y Lerzo, 2016).

#### **4.4 RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Tamayo et al., (2014), destacan que el pensamiento crítico y la resolución de problemas presentan una estrecha relación, pues hacen referencia a un complejo conjunto de actividades cognitivas que actúan agrupadamente, tales como el análisis, la toma de decisiones, el pensamiento lógico, entre otras.

La resolución de problemas es considerada una actividad cognitiva de nivel superior Vilanova et al., (2001), a lo que Simon (1984), añade que hay una fascinación por estudiarla desde la psicología cognitiva y la didáctica, porque es aquí donde mejor se manifiestan las capacidades cognitivas de las personas. Por ello, consideramos la resolución de problemas un aspecto central que se debe desarrollar en todo ser humano, dada su importancia no solo en los dominios específicos de conocimiento, sino en la vida cotidiana.

Es de resaltar que la resolución de problemas impacta positivamente en la manera de ver y pensar el mundo desde diferentes perspectivas, tales como la cognitiva, la afectiva y la psicomotora, en ellas se produce aprendizaje de saberes necesarios para la ciencia de forma autónoma (García, 2003). Tal como se evidencia, se requiere que el problema que se desea solventar produzca en el estudiante dificultad, para que se vea en la necesidad de buscar,

conseguir, elaborar y organizar la vía a seguir para resolver el problema, considerando el objetivo, los procesos cognitivos necesarios y las particularidades del proceso.

Ahora bien, en la didáctica de las ciencias, es posible encontrar distintas perspectivas acerca de la resolución de problemas. Perales (1998), lo hace considerando la solución que aportan precisando que estas pueden ser cerradas o abiertas y en ellos se puede seguir un algoritmo, también se toma en cuenta la tarea requerida. Por otro lado, los problemas pueden ser cuantitativos o aquellos que involucran cálculos numéricos, estos se consideran ejercicios, son los más utilizados en las ciencias y cualitativos como aquellos que requieren de la interpretación científica del fenómeno y su comprensión, estos son realmente considerados problemas (Tamayo et al., 2014).

En tan sentido, son precisamente los problemas cualitativos lo que deben utilizarse con mayor frecuencia en el aula de clase, dado el análisis que involucra por parte del alumno y la proximidad con lo cotidiano. En consecuencia, al momento de estar ante un problema, su solución requiere de parte del estudiante voluntad para abordarlo y algo de información que complemente la situación a estudiar (Perales, 2000); es decir, el proceso de resolver un problema exige que se pongan de manifiesto los conocimientos y que estos sean reorganizados para hallar la solución.

Bajo esta concepción, el proceso vinculado con la resolución de problemas se puede explicar desde tres visiones (García, 1998): la primera en la que se considera el objetivo de la resolución, aquí la actividad de aprendizaje es compleja, pues amerita pensar y hacer uso de la creatividad para encontrar la solución. En la segunda se toman en cuenta los procesos y las capacidades cognitivas dirigidas al desarrollo de una tarea exigente; por último, se consideran las particularidades del proceso, para lo que se da el procesamiento de la información en el cerebro utilizando múltiples funciones de la memoria Kempa, (1986).

Aunado a lo descrito hasta el momento, también es pertinente destacar que existen diferencias importantes entre la resolución de un problema y resolver un ejercicio, este último se asocia con la ejecución de una serie de pasos secuenciales incluso algorítmicos que llevan a la obtención de un resultado; sin embargo, es frecuente que tanto profesores como estudiantes consideren que significa lo mismo. Es de resaltar, que la mayor diferencia

entre ambos se encuentra en que para resolver el problema se requiere que el estudiante haga uso de mayor conocimiento, pues se enfrenta a un escenario nuevo para hallar la solución; ante esto, Garret, (1995), precisa que un problema es una situación que crea tensión y ambigüedad, despierta el interés para buscar la solución, también se puede decir que es una oportunidad en la que se desafía, se debe buscar la relación entre las variables que intervienen de manera reflexiva y cualitativa generando modelos y esquemas mentales para hallar la solución al conocimiento (García, 1998).

En virtud de lo descrito, queda evidenciado que un problema lleva implícito la incertidumbre que lleva a la solución, no hay patrón a seguir, lo cual deja de manifiesto la diferencia con los ejercicios, en los que hay memorización y procedimientos que se efectúan de modo mecánico (García, 1998). Lo que trae como consecuencia que no se fije una posición crítica y reflexiva ante el aprendizaje.

Ahora bien, la resolución de problemas busca proporcionar al estudiante conocimientos esenciales a través del redescubrimiento de los mismos, además de conseguir esquemas de comportamiento que le permiten desarrollarse en su entorno Contreras, (1987). Ante esto, se da valor a la afirmación de numerosos especialistas en el área de la didáctica, entre ellos Martínez y de Longhi, (2013), cuando expresa que la resolución de problemas es una actividad de aprendizaje en la que el estudiante es protagonista puesto que motiva y despierta su interés, además que los acerca a la metodología científica y amplía su visión de la ciencia.

En este trabajo, asumimos la resolución de problemas como una habilidad y la definimos como un proceso complejo en el cual los estudiantes deben tomar decisiones, implementar una secuencia de estrategias y realizar una serie de procesos cognitivos y reflexivos para resolver una situación en el campo de la química.

Ahora bien, en la didáctica de las matemáticas y las ciencias, se presentan diversas perspectivas frente a la resolución de problemas, los cuales describimos a continuación. Cabe destacar que presentamos trabajos desde distintas áreas del conocimiento y que parece ser desde la revisión teórica, han sido más representativas respecto a la resolución de problemas.

#### **4.4.1 Modelo De Resolución De Problemas De Polya**

El investigador George Polya se interesó en el estudio relacionado con el proceso de descubrimiento, su mayor aporte se enmarca en destacar la importancia del desarrollo de ejercicios adecuados al contenido con el fin de involucrar al alumno en la búsqueda de la solución a los problemas en matemáticas. El modelo se estructuró en cuatro pasos (López, 2008).

Entender el problema: se lee y comprende la información de partida y hasta donde se debe llegar.

Configurar un plan: se hace la asociación entre los datos y la ecuación correspondiente.

Ejecutar el plan: se desarrolla la fórmula y se halla la solución

Mirar hacia atrás: se hace análisis de lo obtenido y se relaciona con el problema inicial para verificar su pertinencia.

Cuando el sujeto se ve ante la necesidad de resolver un problema, sigue una secuencia de etapas como hacer una pausa, luego reflexionar y puede que efectúe algunos pasos previos para poder dar la solución, justamente, estos pasos previos que puede ser uno o varios o es lo que marca la diferencia ante la solución de un problema o de un ejercicio. No obstante, la diferenciación entre ambos términos no es del todo absoluta, esto depende en buena parte del estadio mental del estudiante para proporcionar una solución (Macario, 2006). Por su parte, es necesario señalar que Polya en su accionar trata de comprender el proceso que lleva a la solución del problema, específicamente aquellas operaciones útiles para el mismo, tomando en cuenta que su intención es conseguir que un estudiante ayudado por un tutor consiga resolver el problema progresivamente desde la lectura del enunciado hasta llegar a la solución (Zamora, 2016).

#### **4.4.2 Modelo De Resolución De Problemas De Mason-Burton-Stacey**

Este modelo permite el análisis del pensamiento y la experiencia que involucra la resolución de problemas, se toman en cuenta elementos imprescindibles como las

emociones del alumno, la capacidad de búsqueda de solución y la facilidad para plasmar el proceso por escrito (Ruiz, 2016). El método tiene la siguiente estructura:

Abordaje: en el que se comprende y familiariza el problema.

Ataque: se asocia y articula la información que se posee del problema abordado.

Revisión: Se reconoce la solución obtenida y se hace generalización.

Ante la resolución de problemas los estudiantes deben distinguir las diversas estrategias heurísticas que se pueden utilizar y que a su vez permiten reconocer y desarrollar competencias y actitudes particulares que involucra una actividad matemática, esto demuestran que se pretende conseguir en ellos el razonamiento matemático, este paulatinamente va mejorando en la medida en que se practica, sin embargo, en todo esto debe prevalecer su interés y motivación, además que debe darse la propia construcción de los conceptos, tomando como referencia el cuaderno de notas, con lo cual se verifica dicho razonamiento (Murcia y Valdivieso, 2013).

#### **4.4.3 Modelo De Resolución De Problemas De Schoenfeld**

En este modelo el autor plantea que es necesario tener control sobre la actividad, tener dominio de la actividad que lleva a la resolución de problemas, para ello se considera una estrategia y se va midiendo el resultado, de no ser el correcto, se utiliza otra que le lleve a lo esperado, se estima, entonces que, se debe cumplir con etapas de planificación, selección de metas y el constante monitoreo en todo el proceso. Schoenfeld manifiesta que las ideas que tiene el estudiante sobre la matemática y la resolución de problemas se convierten en un aspecto transversal (Schoenfeld, 1993).

En este sentido, la experiencia que se tenga para resolver un problema le indica al individuo que los caminos a seguir no siempre son iguales, ni toman el mismo tiempo, cada uno tienen su particularidad. Ante esto, Schoenfeld (1985), tomando en cuenta los planteamientos de Polya (1965), ha propuesto actividades para la resolución de problemas



en el aula, propiciando situaciones análogas a las experimentadas por los matemáticos cuando están resolviendo problemas (Barrantes, 2006), entre ellas se encuentran:

**Análisis:** en el que se puede hacer diagramas, estudiar casos particulares y simplificar el problema.

**Exploración:** se revisan problemas similares luego algunos un poco diferentes y al final los que presentan modificaciones considerables.

**Comprobación de la solución:** se hacen preguntas con respecto a los resultados, y la coherencia de los mismos, el cumplimiento de los criterios, el uso de datos indicados y la correspondencia con la realidad descrita.

En este sentido debe tomarse en cuenta que al trabajar con el método de la resolución de problemas como estrategia didáctica se debe considerar situaciones que vayan más allá de las denominadas puras heurísticas para lograr que funcione, puesto que se tienen ciertos factores que también son relevantes los recursos, el control y el sistema de creencias de alumnos y profesores (Barrantes, 2006).

#### **4.4.4 Modelo De Resolución De Problemas De Miguel De Guzmán**

En su propuesta este autor señala que para aprender a pensar es necesario practicar, asimismo, menciona que para mejorar los procesos de pensamiento se recomienda tener un experto como asesor de quien está buscando la solución del problema, dado que este propicia que se conozca cómo funciona su propio pensamiento. Sin embargo, también precisa que es un requisito inalcanzable, debido a que este tipo de ayuda no la tiene todo el tiempo. En virtud de ello, una acción alternativa es que el sujeto se autoobserve en cada problema que enfrenta y compare las mismas con lo que diría un experto, en consecuencia, se busca el mejoramiento de los procesos de pensamiento ante un problema general (Asensio, 2013). Para ello se establecen cuatro fases:

Reconocimiento del problema

Búsqueda de las estrategias de solución

Desarrollo de las estrategias

Revisión del proceso y análisis del proceso y sus consecuencias

Es conveniente señalar que De Guzmán (1991), considerando las ideas de Polya (1965), Mason, Burton y Stacey (1989) y las Schoenfeld (1985), generó un modelo para la resolución de problemas, en el que se debe tomar decisiones de tipo ejecutivas, de control y las heurísticas, con el propósito que el sujeto revise y modele su método de pensamiento sistemáticamente, eliminando impedimentos y estableciendo eficaces hábitos mentales, definidos por Polya como pensamiento productivo (Caycedo, 2018).

#### **4.4.5 Modelo De Resolución De Problemas De Colombo**

En el área de la física, Colombo (1998) propuso la solución de problemas como un programa de investigación, en el cual se plantea una hipótesis y unos supuestos necesarios que permiten el diseño de estrategias experimentales conducentes a la solución.

Este modelo requiere (Colombo, 1998):

Profundizar en leyes y principios físicos.

La adquisición de técnicas experimentales para recolectar datos y para su procesamiento.

El uso de criterios de validación para controlar los resultados.

Si bien, este modelo es específico del campo de las ciencias naturales, consideramos que está muy ligado al método científico y no permite la reflexión, la crítica, la regulación de los procesos cognitivos, sino que enfatiza en la compatibilidad entre las teorías científicas y las observaciones hechas por los estudiantes; es decir, parece estar más vinculado a la realización de ejercicios.

#### **4.4.6 Modelo De Resolución Problemas De José Joaquín García**

El autor propone que la resolución de problemas, hace referencia a situaciones objetivas, novedosas y reales, en las cuales se incorporan elementos desconocidos que generan

dificultad intelectual y requieran ir más allá del conocimiento (García, 2003). El autor reconoce un heurístico general para resolver problemas en química, presentados en la tabla 2:

**Tabla 2** Heurístico general (sintetizado) para el proceso de resolución de problemas.

Procesos problémicos	Herramientas heurísticas
Formulación del interés cognoscitivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contextualización del problema.</li> <li>- Presentación de los problemas en diferentes formas.</li> </ul>
Reconocimiento de patrones propios de resolución	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escritura del heurístico personal.</li> <li>- Elaboración de un manual de instrucciones para resolver problemas.</li> <li>- Calificación y discusión del manual elaborado.</li> </ul>
Reconocimiento del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificación de lo conocido y lo desconocido.</li> <li>- Elaboración de interrogantes sobre el problema.</li> <li>- Búsqueda de nuevos puntos de vista.</li> <li>- Elaboración de anticipaciones suponiendo permanencia o cambio de condiciones físicas, temporales y espaciales, o de las magnitudes</li> </ul>
Planteamiento cualitativo y representación del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Representación del problema:</li> </ul>

---

	<p>Gráfica: imágenes, diagramas, bocetos, planos, mapas, o maquetas.</p> <p>Simbólica: tablas, fórmulas y ecuaciones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación de la información explícita, e implícita o extensa.</li> <li>- Determinación de factores involucrados, selección de información relevante.</li> </ul>
Formulación del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reconsideraciones de los elementos y las formas de representación de datos.</li> <li>- Eliminación de datos.</li> <li>- Reconocimiento de las variables relacionadas con el problema y de las formas en que éstas pueden estar relacionadas.</li> <li>- Utilización de patrones de solución de problemas similares ya resueltos.</li> <li>- Análisis por subobjetivos, dividiendo el problema en subproblemas para proceder a su resolución secuencial.</li> </ul>
Formulación de hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimiento de analogías entre las relaciones implicadas en el problema y otras situaciones en contextos diferentes.</li> <li>- Comparación de condiciones iniciales y finales del problema.</li> </ul>

---

---

Diseño de estrategias de resolución	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Establecimiento de dependencias causales entre los elementos del problema.</li> <li>- Elaboración de cadenas de asociación, juicios y deducción a partir del estado inicial del problema.</li> <li>- Formulación de múltiples formas de resolver el problema y selección de ideas para su aplicación práctica.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preguntas sobre el estado inicial del problema.</li> <li>- Planeamiento de las decisiones.</li> <li>- Búsqueda de problemas similares.</li> <li>- Replanteamiento distinto, nuevo y original del problema.</li> <li>- Simplificación y reducción de problemas complejos por eliminación de variables.</li> </ul>
Solución de una situación problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resolución fundamentada, explicando cada procedimiento utilizado.</li> <li>- Verbalización del procedimiento anotando y comunicando cada paso seguido.</li> <li>- Inventario y análisis de dificultades</li> <li>- Verificación de cada paso, detectando errores de círculo o incompletitud en su realización.</li> <li>- Selección de los procedimientos que fueron exitosos</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preguntas sobre el proceso y los resultados.</li> </ul>

---

---

Control de procesos y de la solución del problema	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación de implicaciones de la solución en otros contextos.</li> <li>- Análisis de logros, de cuanto se obtuvo al resolver el problema y comparación con las perspectivas iniciales.</li> </ul>
Elaboración de nuevos problemas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consideración de perspectivas y preguntas abiertas por el problema resuelto.</li> <li>- Abordaje del mismo problema en un nivel de mayor complejidad.</li> <li>- Consideración de las implicaciones teóricas o prácticas de la respuesta dada al problema.</li> <li>- Reelaboración de problemas resueltos en otros contextos y condiciones iniciales.</li> </ul>

---

Fuente: García (2000).

Este modelo de resolución de problemas nos parece bastante interesante y completo, pues considera la metacognición y la creatividad como aspectos fundamentales para la solución del problema. Asimismo, la transferencia de pasos seguidos en otros problemas que puedan ayudar a la solución del que se esté realizando. No obstante, consideramos que es un modelo muy complejo para estudiantes de secundaria y con muchas subcategorías que pueden entorpecer en cierta medida el análisis del trabajo; por ello y, a pesar de ser del área de la química, no fue el modelo acogido para la presente investigación.

#### 4.4.7 Modelo De Resolución De Problemas De Tamayo<sup>1</sup>

Bajo la concepción de este autor, la didáctica de las ciencias desarrolla el pensamiento crítico, dejando de lado los principios teóricos, prestando importancia a la formación de individuos que sean críticos en su pensamiento y accionar, con las herramientas proporcionadas en la escuela (Tamayo et al., 2014). Ante esto, los autores caracterizan cinco niveles para la resolución de problemas, los cuales sirven para medir de cierta forma la tendencia o el avance en la forma de resolver problemas; es decir, cómo avanzan en su complejidad.

Tamayo et al., (2014), plantean entonces que estos niveles resolutivos del problema se mueven hacia otros de mayor exigencia, en la medida que los profesores desarrollan intencionadamente ciertas habilidades durante los procesos de intervención didáctica. La tabla 3 sintetiza algunos de los aspectos centrales de cada nivel:

**Tabla 3** Niveles de resolución de problemas.

Niveles	Características
1	<ul style="list-style-type: none"><li>- El estudiante realiza descripciones simples del problema estequiométrico recurriendo a las vivencias personales.</li><li>- En este nivel no se potencian las habilidades cognitivas y metacognitivas.</li><li>- Se emplean lenguajes tautológicos, elaboración de ideas ambiguas y uso de datos presentados en el problema estequiométrico para construir la respuesta.</li></ul>

<sup>1</sup> La propuesta de Tamayo sobre resolución de problemas es considerada como un modelo porque cumple con los criterios expuestos por Vasco (2011): el sustrato (componentes), la dinámica (transformaciones u operaciones que nos permiten imaginarnos cómo seguirían evolucionando) y estructura (relaciones). El sustrato en este caso equivale a los elementos que constituyen los niveles: estrategias, variables, descripciones, etc. La estructura hace referencia al relacionamiento de estos componentes para establecer los distintos niveles. Finalmente, la dinámica hace referencia a la posibilidad que los sujetos puedan transitar o evolucionar a otros niveles de resolución.

- 
- Son desempeños cotidianos de los estudiantes.
- 2
- El estudiante realiza redescpciones de la experiencia o del problema estequiométrico de manera libre.
  - Emplea opiniones, analogías y describe lo que sintió durante la experiencia o la solución del problema.
  - Los estudiantes emplean información almacenada en su memoria.
- 3
- Se destaca la identificación de una o dos variables expuestas en la resolución de problemas estequiométricos, sin establecer relaciones.
  - Los estudiantes no realizan redescpciones tautológicas o libres de la experiencia o del problema estequiométrico.
  - Empleo de representaciones mentales para determinar la magnitud del problema estequiométrico y emplea la información almacenada en la memoria.
  - No emplean estrategias para guiar la solución del problema estequiométrico.
- 4
- Los estudiantes identifican variables y las relacionan inadecuadamente en una experiencia. Por tanto, no resuelven el problema estequiométrico adecuadamente.
  - Los estudiantes identifican propiedades y características de la situación problema.
  - Se pueden identificar categorías que no hace parte del problema estequiométrico y pueden pertenecer a otros contextos.
- 5
- Los estudiantes resuelven el problema estequiométrico adecuadamente.
  - Justifican y relacionan las variables del problema estequiométrico y pueden o no justificar dichas relaciones.
-



- 
- Los estudiantes implementan heurísticos para la resolución de problemas estequiométricos.
  - En ocasiones los estudiantes presentan respaldos teóricos.
- 

Fuente: Tamayo, Zona y Loaiza, (2014).

Una vez revisados varios métodos para la resolución de problemas, puede verse que todos son de gran utilidad y muestran sistematicidad en el proceso; sin embargo, para efectos de esta investigación desarrollaremos precisamente el modelo de Tamayo et al., (2014) pues permite que se haga la resolución de problemas paso a paso, considerando las variables involucradas, en caso de haber error, se detecta y se procede nuevamente a la resolución del problemas, permitiendo al estudiante llegar a la solución y la posibilidad de reconocer sus errores y corregirlos. Además, es una categoría pensada para el estudio de las ciencias exactas.

Además de lo anterior, al pensar en la necesidad que el estudiante logre comprender que es una variable, se puede suponer la superación de la simple realización de cálculos y operaciones con letras o símbolos (Tamayo, et al., 2014), lo cual, podría constituir el establecimiento y comprensión de los aspectos que asume la variable.

## **5 METODOLOGÍA**

En el presente capítulo se muestran los aspectos fundamentales inherentes al marco metodológico que se desarrolla en este estudio y que se ha trazado como propósito caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría con estudiantes de décimo grado del Colegio de Boyacá, mediante el diseño y aplicación de una unidad didáctica mediada por las TIC. En primer lugar, se hace una descripción general del tipo de estudio que se está efectuando y del alcance que tiene, seguidamente, se especifican las características relacionadas con la unidad de trabajo y el diseño metodológico que se ha estructurado para la investigación, de éste se puntualizan las fases que se cumplieron. Luego, se describen las categorías de análisis señalando los respectivos criterios para el mismo y, por último, se mencionan las técnicas utilizadas para la recolección de la información.

Para efectos de esta investigación al referirnos al término estequiometría abordaremos los conceptos de leyes ponderales, ecuaciones químicas, balanceo de ecuaciones químicas, proporciones estequiométricas, reactivo límite y reactivo en exceso.

### **5.1 ENFOQUE Y ALCANCE**

El presente estudio tiene un enfoque cualitativo y tiene un alcance descriptivo, que permite especificar y caracterizar las respuestas emitidas por los estudiantes antes y posterior a la intervención didáctica, lo que facilita el aprendizaje de los conocimientos relacionados con la estequiometría.

El estudio es cualitativo en la medida en que se hacen análisis de datos de esta naturaleza, dado que pretende identificar el desarrollo de la habilidad de resolución de problemas y como esta aporta al aprendizaje de la estequiometría.

Este estudio es descriptivo, puesto que no se efectuará comprensión profunda sobre el fenómeno, más bien se trabajará en función de la identificación de los cambios que se dan en el proceso de aprendizaje. En este sentido, es conveniente señalar lo descrito por Arias

(2012), cuando manifiesta que la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo; asimismo, se ubica en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos.

## **5.2 POBLACIÓN Y CONTEXTO**

Los contenidos académicos del área de química, específicamente del tema estequiometría y los cálculos relacionados forman parte del proceso de formación en ciencias básicas del nivel secundaria, el proceso de recolección de la información se efectúa en el Colegio Boyacá, ubicado en Tunja capital del departamento, esta institución cuenta con una matrícula de 3878 estudiantes, el 47,67% de ellos son de género femenino y el 52,33% de género masculino, con respecto al contexto en que se desenvuelven los estudiantes, este se caracteriza de la siguiente manera un 98% viven en el casco urbano de la ciudad y el 2% restante vienen de municipios cercanos de la capital Boyacense, el 67,79% de los estudiantes conviven ambos padres, mientras que el 32,21% viven con solo uno de los progenitores o con otro familiar.

Con relación al nivel académico del padre, un 37,88% tiene nivel de bachillerato, nivel universitario un 33,77% y el nivel académico de la madre 33,77% de ellas poseen nivel de bachillerato y un 32,22% carreras universitarias. La gran mayoría de los padres y representantes devengan entre 1,5 y 2,5 SMLV y cuentan con hogar propio en los estratos 2 y 3. Habría que decir también que el 69,53% de los estudiantes se encuentran vinculados a una EPS y el 30,47% están en el régimen subsidiado.

## **5.3 UNIDAD DE TRABAJO**

El colegio de Boyacá tiene 342 alumnos matriculados en grado décimo, organizados en 9 grupos de aproximadamente 38 estudiantes, sus edades oscilan entre los 15 y 18 años. Debido a la situación de salud pública que impide la presencialidad, esta investigación se

desarrollará con 10 estudiantes, de 10º, los cuales serán seleccionados bajo los siguientes criterios.

- a) Que todos hayan participado de la intervención didáctica y tengan acceso a internet.
- b) 3 estudiantes de buen rendimiento académico.
- d) 4 estudiantes de rendimiento académico medio.
- e) 3 estudiantes de rendimiento académico bajo.
- d) Edades entre los 15 y 18 años

#### **5.4 CONSIDERACIONES ÉTICAS**

El trabajo con seres humanos y en especial con menores de edad, requiere el empleo de instrumentos que garanticen la protección de identidad de los estudiantes, así como el buen uso del manejo de los datos. Para ello, se socializará con los padres y acudientes de los estudiantes los propósitos del trabajo y el manejo que se dará a la información.

Una vez socializada la información con los padres de familia y estudiantes, ellos deberán firmar los consentimientos informados (ANEXO 2), que garantizan el uso y manejo de datos siempre protegiendo la identidad e información personal de los estudiantes.

#### **5.5 UNIDAD DE ANÁLISIS**

La presente investigación pretende caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría con estudiantes de décimo grado del Colegio de Boyacá, mediante el diseño y aplicación de una unidad didáctica mediada por las TIC. Para ello, se diseñó el siguiente cuadro que muestra las categorías de análisis, las subcategorías y sus respectivos indicadores:

**Tabla 4.** Categorías de análisis

<b>Categorías</b>	<b>Subcategorías</b>	<b>Descriptor</b>	<b>Indicadores</b>
Resolución de problemas de Estequiometría	Niveles de resolución de problemas Tamayo, Zona y Loaiza (2014), Tamayo (2014)	Nivel 1	Redescripción de la experiencia, se enuncia el problema y se detalla el experimento de acuerdo a lo observado o con los datos aportados se justifica la respuesta.
		Nivel 2	Redescripción de la experiencia libremente, esto se ha hecho con anterioridad, opina y describe lo que sintió durante la experiencia y/o utiliza analogías
		Nivel 3	Se hace el reconocimiento de una o dos variables sin relacionarlas.
		Nivel 4	Resolución del problema erróneamente reconociendo variables y justificando o no dichas relaciones.
		Nivel 5	Resolución de problema de manera adecuada, reconociendo

---

			variables y justificando las relaciones.
			Describe entre otras las propiedades de la materia como forma, color, olor, tamaño, volumen, masa, estado de agregación física, material, sustancia, mezcla, elemento, sustancia elemental, compuesto químico, componente de una mezcla, ácido, base, sal, oxidante, reductor, instrumentos de laboratorio y de medida, electrodo, pila.
Aprendizaje de la Estequiometría	Niveles de representación en química (Caamaño 2017)	Nivel macroscópico	- Describe la representación de la estructura interna, términos verbales, esquemas, diagramas.  - Utiliza partículas como átomos, núcleo, electrón, protón, neutrón, iones, moléculas, enlace covalente, enlace iónico, enlace de hidrógeno, fuerzas intermoleculares en sus explicaciones.
		Nivel submicroscópico	

---

---

	- Describe la forma como se representan las sustancias y sus cambios.
	- Utiliza símbolos para representar átomos, iones y moléculas.
Nivel simbólico	- Utiliza formulas moleculares, expresiones matemáticas, ecuaciones químicas, coeficientes, subíndices, estructuras de Lewis, líneas para enlace sencillo, doble o triple, flechas de equilibrio, símbolos de las magnitudes.

---

Fuente: Elaboración Propia

## 5.6 DISEÑO METODOLÓGICO

Se proponen las siguientes etapas para el desarrollo metodológico de la investigación propuesta:

Primera etapa: Momento de ubicación, se aplica el instrumento de recolección de la información inicial, que le permite al profesor establecer los conocimientos previos de los estudiantes, con estos resultados se diseñan las actividades que forman parte de la estrategia didáctica usando como recurso las TIC, para facilitar el aprendizaje. Este instrumento permite conocer el dominio de conceptos relacionados con lenguaje químico, diferencia entre átomo, molécula, fórmulas reacciones químicas y relaciones estequiométricos. Se implementarán estrategias para determinar:

Las dificultades que se presentan en la enseñanza de la química.

Obstáculos que se presentan en la enseñanza de la estequiometría

Diseño de las actividades para el diagnóstico.

Segunda etapa: Momento de desubicación, se elaborará el plan de clases, con el cual se pretende llevar al estudiante a la adquisición de un aprendizaje profundo de los contenidos de estequiometría, estos deberán ser alcanzables y lograr captar el interés del estudiante. Las actividades establecidas se fundamentarán en el uso de ejemplos y la incorporación de las TIC como herramienta de apoyo; se organizará el contenido de estequiometría utilizando una página de internet cuyo dominio es <https://www.estequiometriacolboy.com>, se muestra la página principal donde se encuentran los recursos a trabajar.

Figura 1 Página Principal Estequiometría al Alcance de Todos



Fuente: <https://www.estequiometriacolboy.com/>

Tercera etapa: Desubicación se aplica el instrumento de recolección de la información final, en esta se hará el análisis de la información recopilada, tomando en cuenta desde la organización y diseño de las actividades hasta el logro del aprendizaje; para esto se tienen los siguientes criterios:

1. Implementación de las actividades finales establecidas.
2. Elaboración del análisis de los resultados

La tabla 5 sintetiza el diseño metodológico seguido:



Tabla 5 Fases de la investigación

Fase 1	Fase 2	Fase 3
Selección del problema	Validación del instrumento	Aplicación del instrumento final
Elaboración del marco teórico	Aplicación del instrumento inicial	Análisis de la información
Selección de la población de estudio	Seguimiento a las actividades	Conclusiones
Selección de la metodología	Desarrollo de la propuesta	Recomendaciones

Fuente: Elaboración Propia

## 5.7 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para recopilar la información y los datos se hace necesario diseñar cuestionarios de lápiz y papel con preguntas cerradas y abiertas que se aplicarán al inicio y al final de la intervención; con este, se podrán evaluar los cambios obtenidos. Estos cuestionarios serán validados mediante juicio de experto y prueba piloto, para su ajuste y posterior aplicación con la unidad de trabajo.

En el anexo 8 se presenta el cuestionario diagnóstico de conocimiento que se han de implementar antes y después de las actividades propuestas en la intervención didáctica en el aula, la misma contiene 5 ejercicios relacionados con el contenido que se ha de desarrollar en estequiometría

## 5.8 PLAN DE ANÁLISIS

Una vez recogida y transcrita la información, esta será sistematizada en matrices para su respectivo análisis. Como técnica de análisis emplearemos el análisis del contenido, la cual nos permitirá dar sentido a las explicaciones de los estudiantes a través de la identificación, en primer lugar, de las ideas dadas por los estudiantes (Chomsky, 2004). Posteriormente, se identificarán los marcadores discursivos que permitan ubicar a los estudiantes en tendencias respecto a la resolución de problemas y los niveles de representación en química.

Para el ejercicio de triangulación, haremos uso de la triangulación de datos, la cual nos permitirá contrastar los datos obtenidos antes y después de la intervención didáctica, con el propósito de evaluar los cambios en las categorías de análisis. También emplearemos la triangulación teórica, la cual permitirá establecer acercamientos o distanciamientos con otros trabajos de investigación, así como aportes teóricos que permitan sustentar las inferencias del investigador. Todas estas acciones constituyen sin duda un ejercicio riguroso para la validez y credibilidad del trabajo. La figura 2 sintetiza todo el trabajo metodológico:

Figura 2 Síntesis del trabajo metodológico



Fuente: Elaboración conjunta con la asesora.

## **6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

A continuación, exhibimos el proceso de análisis para cada una de las categorías, se elabora a partir de la aplicación los instrumentos diseñados, con el propósito de describir los niveles de resolución de problemas y los niveles de representación en química sobre la temática de estequiometría antes y después de la intervención didáctica, los alumnos seleccionados fueron codificados del 1 al 10 como E1, E2, E3, E4, E5, E6, E7, E8, E9 y E10 con el fin de proteger y mantener oculta su identidad. Para niveles de resolución de problemas (NRP) N1, N2, N3, N4, N5, niveles de representación en química (NRQ) macroscópico, microscópico y simbólico.

El análisis se realizó aplicando una unidad didáctica mediada por las TIC en dos momentos denominados ubicación (inicial) y Reenfoque (final), que busca caracterizar el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría.

La información recolectada se organizó en matrices, tabuladas con cada una de las preguntas diseñadas en los instrumentos y las respuestas que brinda cada estudiante.

### **6.1 ANÁLISIS LOS NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS INICIALES**

En esta etapa se pretende identificar en los estudiantes los niveles de resolución de problemas iniciales, mediante 5 situaciones en las cuales es necesario realizar cálculos químicos, estableciendo si los estudiantes aplican modelos de resolución coherentes con la estequiometría.

Una vez analizada la información de los estudiantes en el instrumento inicial, se pudo establecer tendencias en torno a que 7 de los 10 participantes se encuentran en el N1, 2 alumnos en nivel N2 y uno de los estudiantes en el N3 de resolución de problemas, en la pregunta 1 del problema 1 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes que explicaran con sus propias palabras si reconocían el problema estequiométrico, lo que indicó que los estudiantes presentan una comprensión superficial del problema, ya que utilizan los mismos datos presentados en el problema, destacamos las de E1, E2, E3, E9 Y E10:

**PIE1:** “Si, tengo que hallar cuantos gramos se generan gracias a la reacción”

**PIE2:** “Debo encontrar cuanta agua y cuantos gases libera si son 0,3g de  $P_4S_3$  basandome en la guía, debo asegurarme de que la ecuación este balanceada.”

**PIE3:** “Básicamente lo que yo entiendo es que hay que hacer es como un tipo de equilibración o balanceo entre las dos fórmulas,  $P_4S_3(s) + 8O_2(g) \rightleftharpoons P_4O_{10}(g) + 3SO_2(g)$ , como una relación de las masas.”

**PIE9:** “Mas o menos, ya que se que toca hacer reaccionar fosforo (cabeza) con el oxígeno para saber cuanto  $P_4O_{10}(g)$  y  $SO_2$  g se produce”

**PIE10:** “Mas o menos, entiendo que debo hallar la cantidad de gramos de  $P_4O_{10}(g)$  y  $SO_2(g)$ , esto teniendo en cuenta los gramos que me dan y la relación de moles que hay en la formula”

A partir de las respuestas, encontramos que los estudiantes hacen una lectura superficial, lo cual no les permite identificar el problema y relacionar las variables de manera adecuada, se limitan a redescibir el problema mediante sus propias opiniones, no se utilizan los lenguajes propios de la química, en cambio emplean lenguaje tautológico, al parecer les cuesta entender el enunciado del problema y el vocabulario, acrecentando las dificultades para la resolución.

En las respuestas se identificaron marcadores que permitieron identificar que los estudiantes realizan una descripción simple del problema, E1 y E3 utilizan las mismas palabras del enunciado del problema, en N1 para Tamayo (2014) la característica es la descripción simple del problema a resolver, mientras que E2 y E9 están en N2 ya que utilizan opiniones personales, es decir redesciben el problema de manera libre, E10 se encuentra en un N3 puesto que identifica variables sin establecer relaciones entre ellas.

El análisis nos permite apreciar que, si bien algunos estudiantes plantean la ecuación química y su correspondiente balanceo para averiguar la cantidad de sustancia formada y el cumplimiento de la ley de conservación de la materia, no se hace alusión a utilizar reglas de tres simples y directas para obtener resultados, además se encuentran descripciones simples y datos sin relaciones. Los estudiantes consideran que entender el problema es volver a

escribir lo encontrado en el instrumento y cambiar el orden de las palabras, por lo tanto, la comprensión del texto con el cual se plantea el problema estequiométrico podría ser un obstáculo para los alumnos para lograr con éxito resolver los problemas.

Lo anterior coincide con lo planteado por Martínez (2013), quien expresa que la lectura no es una habilidad adquirida de inmediato y para siempre; por esta causa se les dificulta entender los enunciados de los problemas, encontrar variables, que conlleva a la dificultad para resolver. Al parecer no se logra identificar con precisión las partes que componen el problema, lo que sugiere una falta de conceptualización en la secuencia de contenidos. Como se observa en las respuestas, hay problemas importantes de comprensión al distinguir las partes y solucionar el problema por análisis simples, mediante estudios superficiales.

En cuanto a la formulación del problema en la pregunta 3 del problema 2 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes que establecieran cuales eran las variables y sus posibles relaciones en el problema estequiométrico, lo que indicó que la mayoría de los estudiantes si bien reconocen las variables no alcanzan la comprensión en cuanto a la relación de dichas variables, a continuación, presentamos las respuestas de E1, E2, E3, E7 y E10:

**P3E1:** “*NaHCO<sub>3</sub> C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> hay 2385 mg de Bicarbonato y 2500mg de ácido cítrico*”

**P3E2:** “*Me proporciona la ecuación de base, pero tengo que balancearla. Me da el peso de la tableta y el peso de cada reactivo”*

**P3E3:** “*Bicarbonato de Sodio = NaHCO<sub>3</sub> Ácido Cítrico = C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub> Citrato de Sodio = Na<sub>3</sub>C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>O<sub>7</sub> Agua = H<sub>2</sub>O / Dióxido de carbono = CO<sub>2</sub>*”

**P3E7:** “*Gramos de la tableta = 5g Cantidad de bicarbonato de sodio = 2385mg Cantidad de (anti)ácido cítrico = 2500mg”*

**P3E10:** “*Me proporciona los compuestos que se usan para la reacción y los gramos del compuesto”*

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes se evidencia que E1, E3, E7 y E10 reconocen las cantidades en gramos o miligramos de los reactivos y productos como las variables del problema, E2 logra reconocer que en el proceso de resolución se debe balancear la ecuación; sin embargo, no se propone como se relacionan estas variables

haciendo alusión a la ley de las proporciones múltiples, ley de las proporciones definidas y a la ley de la conservación de la materia. En la opinión de García (1998) quién plantea que es necesario buscar la relación entre las variables que intervienen de manera cualitativa en el problema para generar modelos que permitan hallar la solución.

En cuanto al diseño de estrategias de resolución de problemas estequiométricos en la pregunta 5D del problema 3 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes que diseñaran una serie de pasos para resolver el problema, lo que se pudo establecer es que en términos generales los estudiantes presentan dificultad para elegir un proceso coherente que los lleve a la resolución, a continuación, presentamos las respuestas de E1, E2, E6 y E10:

**P5DE1:**

*“Paso 1: Balancear*

*Paso 2: Buscar el peso de la molécula de Nitrógeno*

*Paso 3: y multiplicarlo por el número de moléculas”*

**P5DE2:**

*“Paso 1: Escribir la ecuación poniendo las 2 moles.*

*Paso 2: Balanceo la ecuación*

*Paso 3: Calcular el peso”*

**P5DE6:**

*“Paso 1: Analizar*

*Paso 2: Ordenar*

*Paso 3: balancear*

*Paso 4: Producto final”*

**P5DE10:**

*“Paso 1: Mirar la cantidad de moles que se producen*

*Paso 2: Pasar las moles a gramos”*

Teniendo en cuenta las respuestas, se observa que los estudiantes no plantean un heurístico o una serie de pasos específicos que los lleve a la resolución del problema, los procedimientos que ellos plantean son generales, E1, E2, E6 resaltan la importancia de balancear la ecuación y E10 plantea la importancia que tiene convertir los gramos a moles tanto de reactivos como de productos, la falta de especificidad en la obtención de unos pasos coherentes para la resolución de problemas evidencia un obstáculo en la comprensión de la estequiometría, en esto coincidimos con García (2000) quien ilustra que para resolver problemas es necesaria la creatividad, la metacognición y por parte del estudiante el idear una serie de pasos que se conecten para dar una respuesta acertada al problema.

A la pregunta 6 del problema 4 (ver anexo 8) se le solicitó al grupo de estudiantes objeto de esta investigación que resolvieran el problema empleando los pasos propuestos, para este momento inicial se pudo inferir que al parecer los estudiantes presentan obstáculos en la comprensión del lenguaje químico simbólico que se maneja en una ecuación. A continuación, presentamos las respuestas de E1, E2, E9 y E10:

**P6E1:**

$$“750g NH_3 \times \frac{1 mol}{17.031g NH_3} \times \frac{3 mol H_2}{2 mol NH_3} \times \frac{1.00784g H_2}{1 mol H_2} = 66.5738g H_2$$

$$750g NH_3 \times \frac{1 mol}{17.031g NH_3} \times \frac{1 mol N_2}{2 mol NH_3} \times \frac{28.0134g N_2}{1 mol N_2} = 616.8178g N_2$$

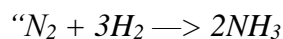
$$\%R = \frac{R. Real}{R. Teorico} \times 100$$

$$R.T = \frac{R.R}{\%R} \times 100$$

$$R.T = \frac{300g}{40\%} \times 100$$

$$= 750g”$$

**P6E2:**



$$28g \quad 6g \quad 2 * 17g/mol$$

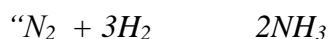
$$34g \qquad 34g$$

$$300g \div 34g = 8,82$$

$$N_2 = 28g \longrightarrow 247,05g$$

$$H_6 = 6g \longrightarrow 52,94 g''$$

**P6E9**



$$?gr \quad ?gr \qquad 300 gr$$

Hallar P.M. del

$$NH_3 = 14 + 3 = 17$$

$$N_2 = 14 \times 2 = 28$$

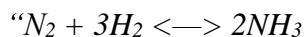
$$H_2 = 1 \times 2 = 2$$

$$300 gr NH_3 \left( \frac{1 mol N_2}{2 moles NH_3} \right) \left( \frac{28 gr N_2}{1 mol N_2} \right)$$

$$\frac{300 \times 1 \times 3 \times 2}{17 \times 2} = \frac{1800}{20} = 64.28 gr H_2$$

SON NECESARIOS = 300 gr N<sub>2</sub> y 64.28 gr H<sub>2</sub>''

**P6E10**



$$300g NH_3 \left( \frac{1mol NH_3}{17g NH_3} \right) = 17,65mol NH_3$$

$$17,65mol NH_3 \qquad 40\%$$

$$X \qquad 100\%$$

$$17,65mol NH_3 \left( \frac{100\%}{40\%} \right) = 44,125mol NH_3$$



$$44,125 \text{ mol } NH_3 \left( \frac{1 \text{ mol } N_2}{2 \text{ mol } NH_3} \right) = 22,06 \text{ mol } N_2$$

$$22,06 \text{ mol } N_2 \left( \frac{28 \text{ gr } N_2}{1 \text{ mol } N_2} \right) = 617,68 \text{ gr } N_2$$

$$44,125 \text{ mol } NH_3 \left( \frac{3 \text{ mol } H_2}{2 \text{ mol } NH_3} \right) = 66,19 \text{ mol } H_2$$

$$66,19 \text{ mol } H_2 \left( \frac{2 \text{ gr } H_2}{1 \text{ mol } H_2} \right) = 132,38 \text{ gr } H_2''$$

En cuanto a la resolución del problema estequiométrico, allí los estudiantes utilizaron métodos matemáticos planeados antes de iniciar la solución, se evidencian dificultades en las habilidades de cálculos matemáticos, parece que les resulta difícil comprender conceptos como cantidad de sustancia expresado en moles, relacionar formulas químicas, ecuaciones y expresiones matemáticas para describir las reacciones químicas, balanceo de ecuaciones, masas moleculares, determinar la cantidad de reactivos que deben reaccionar para producir una determinada cantidad de producto, y más aún cuando los problemas implican porcentajes, los valores indicados por los estudiantes no corresponden a la respuesta deseada. Según Landau y Lastres, (1996) este es uno de los obstáculos de importante relevancia, pues es necesario un gran conocimiento del área matemática para resolver problemas de la asignatura de química.

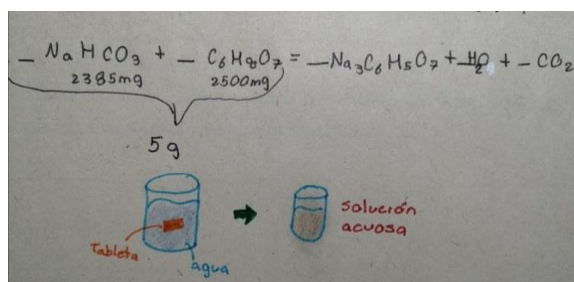
En las respuestas de los estudiantes, encontramos marcadores, los cuales nos permitieron identificar en qué nivel de resolución de problemas se sitúan los estudiantes, los tres niveles encontrados en los estudiantes corresponden a los más bajos, se identificaron obstáculos que sirvieron para la intervención, esto confirma la importancia de desarrollar habilidades en la resolución, que involucren modelos, donde se desarrollen procesos para reconocimiento, formulación, diseño de estrategias de resolución, como momentos previos a la resolución del problema mediante la elaboración de la unidad didáctica mediada por las TIC.

## 6.2 ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA INICIALES

Como resultado de la representación gráfica, se demostró que los estudiantes construyen un vínculo entre los niveles macroscópico y simbólico, ya que representan las nociones de la materia por atributos que pueden percibir, que están más cerca de las dimensiones del mundo real que de las del mundo corpuscular, transitan hacia el nivel simbólico puesto que utilizan fórmulas químicas, para representar las sustancias, se observa que no realizan por parte de los alumnos tránsitos especialmente en la identificación de un modelo microscópico de la materia.

A la pregunta número 2 del problema 3 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes elaborar un dibujo del problema al cual se estaban enfrentando, a continuación, los de E2, E7, E8.

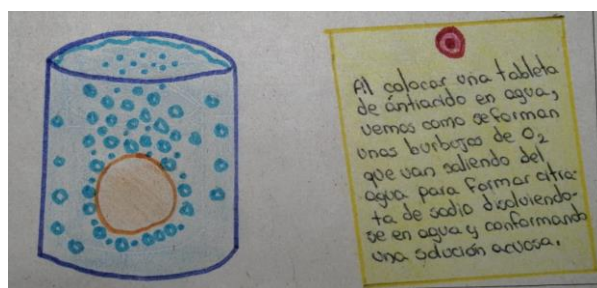
**P2E2:**



Podemos inferir de la imagen, que E2 transita por un nivel macroscópico y simbólico del problema. En la parte inferior se presenta macroscópicamente la tableta y el agua, que para el estudiante forma una solución acuosa, pero no logra explicar microscópicamente la forma como se disuelve o la reacción química. Teniendo en cuenta lo descrito, la ausencia de comprensión de la estructura interna de la materia o del nivel microscópico, dificulta la resolución de problemas estequiométricos, para Johnstone (1982) corresponde al nivel de representación más complejo, ya que requiere del manejo de un lenguaje abstracto, para explicar mediante átomos, moléculas o iones la nueva distribución de los átomos en la molécula. Ahora bien, observamos que E2 fue capaz de realizar la ecuación química, lo

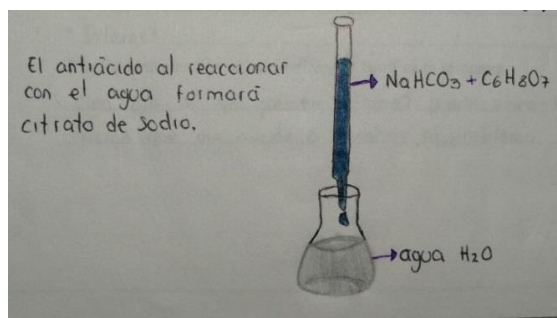
cual sugiere que el alumno comprende la utilización de símbolos, fórmulas químicas, ecuaciones químicas, subíndices, coeficientes estequiométricos, el equilibrio de la ecuación, que es el razonamiento proporcional en el cual se basa la estequiometría y son bases requeridas para emitir las respuestas, sin embargo, la representación no le permite resolver el problema.

### P2E7



Para el caso de E7 se infiere que representa el problema desde una visión macroscópica de la materia donde se aprecia la descripción de lo que ve en su cotidianidad, por lo tanto, no profundizan en los cambios internos de la materia y sus proporciones que podría describir desde el punto de vista microscópico y simbólico, sino que se limitan a los hechos concretos observados en su diario vivir. Desde el punto de vista de García (1998) la resolución del problema debe permitir procesos cognitivos como pensar y hacer uso de la creatividad para encontrar la solución, en consecuencia, al no lograr describir el problema estequiométrico no es posible entenderlo y mucho menos resolverlo.

### P2E8



E8 por su parte utiliza en su descripción material de laboratorio, empleando información almacenada en su memoria, de los montajes realizados en cursos pasados y representaciones mentales de la formación de sustancias con los dibujos que traen los libros de texto, como se aprecia en la imagen transita por los niveles de representación macroscópica y simbólicos, sin considerar el nivel microscópico, la ausencia de este último evidencia la complejidad que le resulta al estudiante resolver el problema estequiométrico.

Para Taber (2013) comprensiones del nivel simbólico involucra que el estudiante transita por los niveles macroscópico y podrá reconocer con mayor facilidad el nivel microscópico. Esto confirma la importancia de implementar actividades donde se desarrollen procesos de reconocimiento de los tres niveles de representación en química, dando mayor énfasis en el nivel microscópico, de manera que los estudiantes trasladen la visión discontinua de la materia a la resolución de problemas estequiométricos, ya que con la investigación se evidencia que los estudiantes tienen una visión continua y macroscópica de las sustancias que le rodean y sus transformaciones.

En las respuestas de los estudiantes se pudo identificar que los estudiantes se sitúan en el nivel de representación macroscópica, se identificaron así, obstáculos que fueron el punto de inicio para la intervención, mediante elaboración de la unidad didáctica mediada por las TIC.

### **6.3 ANÁLISIS LOS NIVELES DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS FINALES**

Luego de la aplicación del instrumento de recolección de la información inicial a los 10 estudiantes propuestos en la unidad de trabajo, se diseñaron y se desarrollaron actividades en una unidad didáctica mediada por las TIC de los temas concernientes a la estequiometría, tales conceptos guardan una estrecha relación con el concepto de enseñanza de las reacciones químicas y la obtención de productos a partir de cantidades de reactivos, las actividades realizadas se desarrollaron de tal manera que los estudiantes evolucionaran en cuanto a las ideas iniciales.

Los momentos desarrollados corresponden al diseño didáctico de unidades de la Universidad Autónoma de Manizales, la cual consta de tres fases o momentos: ubicación, desubicación y reenfoque en cada una de las etapas se presentaron actividades que se explican a continuación.

En el momento de ubicación, se ejecutó el instrumento inicial de recolección de la información (anexo 8) que consta de un cuestionario con cinco problemas estequiométricos con características de solución proposicional y matemático asociado a fenómenos químicos cercanos a su contexto estudiantil y que hacen parte de su cotidianidad. Para el momento de desubicación se realizaron actividades individuales y grupales, relacionadas con los niveles de representación en química, habilidades para la resolución de problemas y la temática de estequiometría y para el momento de reenfoque se aplicó de nuevo el instrumento inicial de recolección de la información.

Con la aplicación del instrumento de recolección de la información y su análisis, se contrastaron los niveles de resolución iniciales y finales, además de los niveles de representación en química en cuanto al tema de estequiometría después de la enseñanza mediante la elaboración de una unidad didáctica mediada por las TIC.

Teniendo en cuenta lo anterior, las respuestas obtenidas por los diez estudiantes después de la aplicación de las actividades de la unidad didáctica mediada por las TIC y su posterior análisis, se evidencia un cambio tendiente al aumento en los niveles de resolución de problemas, la cual se realizó a partir de la Unidad Didáctica: Estequiometría al Alcance de Todos.

De acuerdo a lo anteriormente escrito, una vez analizada la información de los estudiantes en el instrumento final, se pudo establecer tendencias en torno a que cuatro de los diez participantes se encuentran en N3, tres en N4 y tres en N5 de resolución de problemas. Las respuestas del grupo intervenido evidencian que los niveles inferiores de resolución de problemas disminuyen con la intervención didáctica, en otras palabras teniendo en cuenta el propósito de nuestra investigación los estudiantes transitaron a niveles de resolución de problemas más exigentes o superiores a medida que se avanzó la intervención, posiblemente por las estrategias preparadas e intencionadas que contribuyeron al desarrollo

de habilidades y competencias para abordar los problemas estequiométricos Tamayo (2014); en la pregunta 1 del problema 1 (ver anexo 8) nuevamente se les solicitó a los estudiantes que explicaran con sus propias palabras el problema estequiométrico.

Destacamos las de E2, E4, E7 Y E10.

**PIE2:** *“Basándonos en la fórmula del problema, debemos calcular cuánto  $P_4O_{10}$  y  $SO_2$  se va a producir si reaccionan 0,3g de  $P_4S_3$  que conforma la cabeza de un fosforo”*

**PIE4:** *“Si entiendo, se debe hallar la cantidad de  $P_4O_{10}$  y  $SO_2$  que se puede producir cuando reaccionan con 0.31g y el suficiente oxígeno.”*

**PIE7:** *“Debo averiguar la cantidad en gramos de  $P_4O_{10}$  y  $SO_2$  que se producen cuando la cabeza del fósforo tiene una masa de 0,3 g y tienes suficiente oxígeno.”*

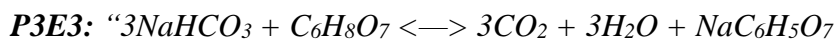
**PIE10:** *“Si, debo hallar la cantidad de  $P_4O_{10}$  y  $SO_2$  que se produce en la reacción teniendo en cuenta que no hay reactivo limite.”*

E2, E4, E7 Y E10 logran entender el problema no de manera superficial sino que utilizan justificaciones solidas derivadas de la comprensión del enunciado del problema, esto demuestra según Martínez (2013), que la habilidad de la lectura se va construyendo con relación a un área de conocimiento; es decir, la comprensión del problema es un indicador importante que favorece la tarea de resolver el desafío, los estudiantes en esta etapa reconocieron la información del enunciado del problema estequiométrico, lo que indicó que los estudiantes ya realizan un proceso de lectura más reflexivo y consiente ante los diferentes fenómenos químicos presentados en la resolución de problemas estequiométricos.

En cuanto a la formulación del problema en la pregunta 3 del problema 2 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes que establecieran cuales eran las variables y sus posibles relaciones en el problema estequiométrico, a continuación, presentamos las respuestas de E2, E3 y E8:

**P3E2:** *“Me proporciona la ecuación de base, pero tengo que balancearla.*

*Me da el peso de la tableta y el peso de cada reactivo”*



*5g de antiácido = 2385mg de bicarbonato de sodio = 2500mg de ácido cítrico*

*Reactivo límite, reactivo en exceso”*

**P3E8:** *“\* la ecuación química inicial \* la tableta de 5g de antiácido que contiene 2385mg de bicarbonato de sodio \* los 2500mg de ácido cítrico”*

En esta misma pregunta del problema número 2 ¿Cómo se relacionan esas variables? Las respuestas de E4, E5, E7, y E10 fueron:

**P3E4:** *“Las variables se relacionan los gramos de reactivos con gramos de productos”*

**P3E5:** *“Se relacionan ya que demuestran que están involucradas en la reacción final”*

**P3E7:** *“Se relacionan mediante la ecuación química”*

**P3E10:** *“El peso se puede relacionar con las moles gracias al peso atómico de los elementos que lo componen.”*

Teniendo en cuenta las respuestas de los estudiantes se evidencia que E4 y E7 reconocen las cantidades en gramos o miligramos de los reactivos y productos como las variables del problema, E10 logra reconocer que en el proceso de resolución se debe balancear la ecuación, sin embargo, aunque justifican los reactivos y productos con sus respectivas cantidades como las variables no se encuentran argumentos sólidos ni explicaciones que justifiquen como se relacionan. García (1998) señala que es necesario buscar la relación entre las variables que intervienen en el problema para generar modelos que permitan hallar la solución.

En cuanto al diseño de estrategias de resolución de problemas estequiométricos en la pregunta 5D del problema 3 (ver anexo 8) se les solicitó a los estudiantes que diseñaran una serie de pasos para resolver el problema, subrayamos las respuestas de E1, E4 y E8

**P5DE1:** *Paso 1: Balancear, Paso 2: Pesos moleculares, Paso 3: Hallar masa de los moles, Paso 4: Hacer formulación para hallar la respuesta*

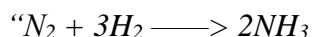
**P5DE4:** Paso 1: Balancear la ecuación, Paso 2: encontrar la masa/mol de la ecuación, - Paso 3: encontrar las moles de reactivos y g de productos, Paso 4: comparar NaN<sub>3</sub> con los gramos de N<sub>2</sub>

**P5DE8:** Paso 1: Balancear la ecuación, Paso 2: Hallar el peso molecular, Paso 3: Hacer una regla de tres, Paso 4: Dar respuesta al problema

Teniendo en cuenta las respuestas se observa que los estudiantes ahora plantean una serie de pasos que los lleva a la resolución del problema estequiométrico, E1, E4 y E8 reconocen la importancia de balancear la ecuación para el cumplimiento de la ley de la conservación de la materia, realizar cálculos matemáticos mol-masa teniendo en cuenta las variables encontradas, E8 propone para ello realizar reglas de tres simples y directas para resolver el problema estequiométrico, en esto coincidimos con García (2003) quien resalta que utilizar estas estrategias didácticas impacta en las habilidades cognitivas, puesto que el estudiante elabora y organiza una serie de pasos a manera de proceso con una secuencia lógica que le permite dar respuesta a la situación problema.

En cuanto a la resolución del problema estequiométrico de manera matemática, tuvimos en cuenta las respuestas de la pregunta 6 del problema 4 (ver anexo 8) de los estudiantes E4, E5, y E8.

**P6E4:**



$$28\text{g/mol} + 3 * 2\text{g/mol} \longrightarrow 2 * 17\text{g/mol}$$

$$28\text{g} + 6\text{g} \longrightarrow 34\text{g}$$

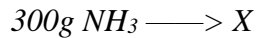
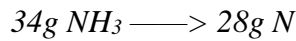
$$34\text{g} \longrightarrow 34\text{g}$$

$$34\text{g/mol NH}_3 \longrightarrow 6\text{g H}$$

$$300\text{g NH}_3 \longrightarrow X$$

$$X = \frac{300\text{g NH}_3 * 6\text{g H}}{34\text{g NH}_3} = 52,94\text{g H}$$



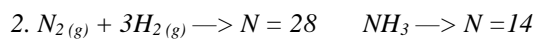
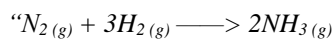


$$X = \frac{300g \text{ NH}_3 * 28g \text{ N}}{34g \text{ NH}_3} = 247,06g \text{ N}$$

$$\frac{24,706 * 0,4}{100} = 98,8232g \text{ N}$$

$$\frac{52,94 * 0,4}{100} = 111,176g \text{ H}''$$

**P6E5:**

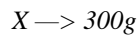
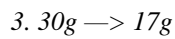


$$H = 2$$

$$H = 3$$

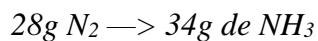
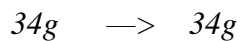
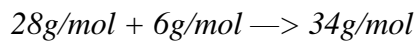
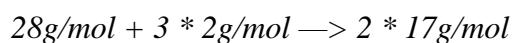
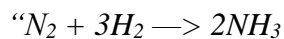
$$30g$$

$$17g$$

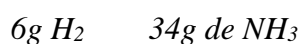


$$X = \frac{300g * 30g}{17g} = 529,4g''$$

**P6E8:**



$$X = \frac{24g \text{ N}_2 * 300g \text{ de NH}_3}{34g \text{ de NH}_3} = 247,05g \text{ N}_2$$



$$X = \frac{6g \text{ H}_2 * 300g \text{ de NH}_3}{34g \text{ de NH}_3} = 52,94g \text{ H}_2$$



*Rta: Para producir 300g de NH<sub>3</sub>, serán necesarios 247,05g de N<sub>2</sub> y 52,94g de H<sub>2</sub>. ”*

Para este momento los estudiantes ya no realizan cálculos matemáticos sin un objetivo claro de resolución, lo hacen apoyándose en el sustento teórico de la conservación de la materia (Oñorbe y Sánchez, 1992), comprensiones de ecuación química en las cantidades en masa o moles de reactivos y productos, se evidencia un ejercicio reflexivo del problema presentado (Landau y Lastres, 1996).

Todo muestra que los estudiantes sujetos a la intervención didáctica adquirieron habilidades de resolución de problemas estequiométricos, ejecutaron acciones que los llevaban a reconocer el problema, las variables y su relación, diseñar estrategias de resolución, respaldos teóricos para referirse a los fenómenos químicos (Zona y Giraldo, 2017), al considerar en el proceso de enseñanza problemas reales, contextualizados que describan fenómenos cotidianos (Oñorbe y Sánchez, 1996).

En las respuestas obtenidas se pudo identificar que los sujetos expuestos a la intervención no utilizan lenguajes tautológicos ni redesciben el problema de manera libre, identifican las variables justificando o no sus relaciones y resuelven o no la situación problema, los estudiantes transitan desde N1, N2, N3 a N4 y N5 según Tamayo (2014), ya que identifican el problema estequiométrico, lo representan, relacionan variables, diseñan estrategias de resolución (Zona y Giraldo, 2017).

De manera general, al final de la intervención encontramos tres niveles de resolución de problemas:

Nivel 3: puesto que E1, E3, E5, E7 identifican las variables del problema estequiométrico sin establecer relaciones.

Nivel 4: las respuestas de E2, E8 y E9 relacionan las variables del problema estequiométrico, pero resuelven la situación inadecuadamente.

Nivel 5: las respuestas de E4, E6 y E10 nos permiten identificar que los estudiantes relacionan las variables del problema estequiométrico, y resuelven la situación adecuadamente.

Los resultados de esta investigación coinciden con los de Garzón (2012), pues los estudiantes alcanzaron comprensiones en el tema de estequiometría cuando incluyó estrategias como el E-learning, el progreso de los estudiantes en cuanto a los niveles de resolución de problemas, se presentan después de un análisis de todas las respuestas, donde se evidencia tránsitos de niveles inferiores de resolución a unos más altos o exigentes.

Se evidencia como los estudiantes transitan a niveles altos de resolución de problemas estequiométricos, de tal manera que al inicio de la intervención se exhiben respuestas sin profundidad, superficiales o respaldos teóricos, al utilizar las estrategias propuestas de la unidad didáctica y cada una de las sesiones donde se corregían los errores como una oportunidad para aprender, al aplicar el modelo de resolución los estudiantes mejoraron sus procesos y resuelven el problema, identifican las variables y las relacionan, diseñan estrategias con las cuales logran tratar la información suministrada (Tamayo, 2014). Ahora bien, Tamayo, 2014; Zona y Giraldo (2017), señalan que es usual que los estudiantes logren llegar a niveles de resolución de problemas superiores, debido a las intervenciones didácticas realizadas en el aula, lo cual es importante puesto que demuestra el desarrollo de habilidades de resolución de problemas, específicamente en la asignatura de química, en el aprendizaje de la estequiometría.

Se puede inferir que, al incluir modelos de resolución de problemas, los docentes adquieren mejores procesos heurísticos para resolver problemas estequiométricos.

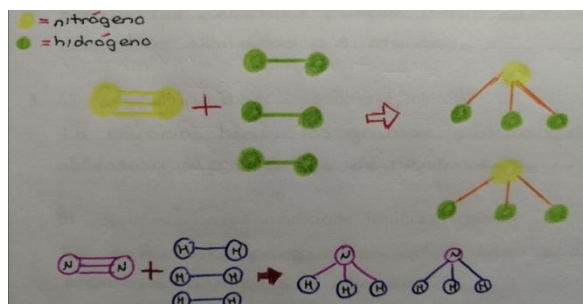
#### **6.4 ANÁLISIS DE LOS NIVELES DE REPRESENTACIÓN EN QUÍMICA FINALES**

En cuanto a las respuestas obtenidas de los niveles de representación en química, por los diez estudiantes después de la aplicación de las actividades de la unidad didáctica mediada por las TIC y su posterior análisis, se evidenció que la totalidad de los alumnos se ubican en el nivel de representación macroscópica y transitan hacia los niveles microscópicos y simbólicos según Caamaño (2017), esto se debe a la forma de representar las características del fenómeno químico en los problemas estequiométricos, ya que lo describen de la manera

como las perciben en su vida cotidiana, también representan la estructura interna de la materia utilizando, átomos, moléculas, enlaces; finalmente utilizan símbolos como fórmulas químicas, ecuaciones químicas, subíndices y coeficientes estequiométricos, expresiones matemáticas para entregar los resultados a los retos propuestos.

A la pregunta número 2 del problema 4 se les solicitó a los estudiantes elaborar un dibujo del problema al cual se estaban enfrentando, a continuación, los de E2, E5, E7.

**P2E2:**



$$1 * 28\text{g/mol} \quad 3 * 2\text{g/mol} \quad 2 * 17\text{g/mol}$$

$$28\text{g} \quad 6\text{g} \quad 34\text{g}$$

$$34\text{g}$$

$$\% \text{Ren} = \frac{\text{real}}{\text{teorico}} * 100$$

$$\text{real} = \frac{\% \text{ren} * \text{teorico}}{100}$$

$$34\text{g NH}_3 \longrightarrow 6\text{g H}_2$$

$$34\text{g NH}_3 \longrightarrow 28\text{g N}_2$$

$$300\text{g NH}_3 \longrightarrow x$$

$$300\text{g NH}_3 \longrightarrow x$$

$$X = \frac{300\text{g-NH}_3 * 6\text{g H}_2}{34\text{g-NH}_3} = 52,94\text{g H}_2$$

$$X = \frac{300\text{g-NH}_3 * 28\text{g N}_2}{34\text{g-NH}_3} = 247,05\text{g N}_2$$

$$\text{Real (H}_2) = \frac{40\% * 52,94g \text{ H}_2}{100\%}$$

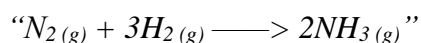
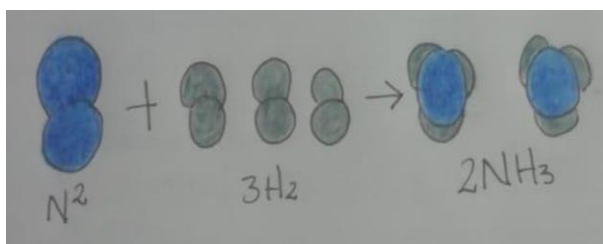
$$\text{Real (H}_2) = 21,176g \text{ H}_2$$

$$\text{Real (N}_2) = \frac{40\% * 247,05g \text{ N}_2}{100\%}$$

$$\text{Real (N}_2) = 98,82g \text{ N}_2$$

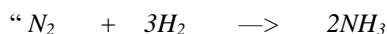
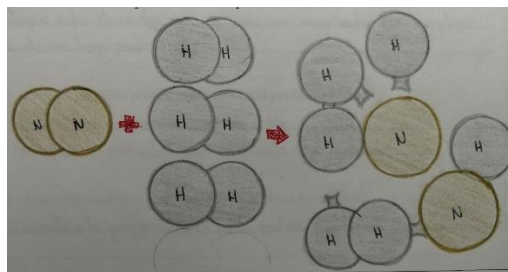
E2 transita desde un nivel microscópico a un nivel simbólico ya que dibuja los átomos de las moléculas que intervienen en la reacción a manera de esferas y líneas que unen estas esferas para representar los enlaces (Caamaño 2017), se evidencia claramente el cambio de posición de los átomos para la formación de productos además es evidente el transito al asignar símbolos para la representar a través de fórmulas químicas, los cálculos matemáticos utilizados en la resolución. Sin embargo, aunque aplica un criterio que le ayude a comprender la naturaleza del problema, no resuelve el problema adecuadamente debido a una dificultad en el despeje de la fórmula de % de rendimiento. Para Taber (2013) comprensiones del nivel simbólico involucra que el estudiante transita por los niveles macroscópico y microscópico.

**P2E5:**



Al analizar las respuestas de E5, las transiciones del nivel microscópico al simbólico se hacen evidentes puesto que utiliza esferas para representar lo que cree que son átomos, transita hacia un nivel simbólico puesto que utiliza formulas químicas para representar los átomos que intervienen en la reacción (Caamaño 2017). Aunque el estudiante esquematiza y parece tener claridad, no soluciona el problema propuesto.

**P2E7:**



$$1 * 28g/mol \quad 3 * 2g/mol \rightarrow 2 * 17g/mol$$

$$28g + 6g \rightarrow 34g$$

$$34g NH_3 \rightarrow 6g H_2$$

$$34g NH_3 \rightarrow 28g N_2$$

$$300g NH_3 \rightarrow X$$

$$300g NH_3 \rightarrow X$$

$$\frac{300g NH_3 * 6g H_2}{34g NH_3} = 52,94g H_2$$

$$= \frac{300g NH_3 * 28g N_2}{34g NH_3} = 247g N_2$$

$$\%Ren = \frac{real}{teorico} * 100 \quad Teórico = \frac{real * 100}{\% Ren}$$

$$Teórico H_2 = \frac{52,94g H_2 * 100}{40} = 132,35g H_2$$

$$Teórico N_2 = \frac{247g N_2 * 100}{40} = 617,5g$$

$$Teórico (H_2) = 132,35g H_2$$

$$Teórico (N_2) = 617,5g$$

Se aprecia en la figura que E7 al igual que E5 y E2 representa con esferas y uniones entre ellas lo que él considera son los átomos y los enlaces, utiliza los símbolos químicos dentro de las esferas para demostrar como al cambiar de posición los átomos se establece una reacción química, plantea la ecuación química y la balancea correctamente colocando los coeficientes estequiométricos, subíndices y estableciendo la ley de la conservación de la materia, realiza cálculos matemáticos masa-masa y porcentaje de rendimiento adecuados para la resolución. El estudiante E7 transita por los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico respectivamente. De ello podemos concluir que la intervención

didáctica logra relacionar los niveles de representación en química, lo cual favorece el entendimiento de la estequiometría (Vallejo, 2017).

Como resultado de las representaciones gráficas, se demostró que los estudiantes después de la intervención didáctica construyen un vínculo entre los niveles macroscópico, microscópico y simbólico, por ejemplo E2, E5 y E7 representan las nociones de los cambios en la materia por atributos que pueden notar a través de los sentidos, transitan hacia el nivel simbólico puesto que utilizan fórmulas químicas, para representar las sustancias, ecuaciones químicas y matemáticas para brindar solución al problema, ahora notamos que realizan tránsitos al nivel microscópico de la materia ya que representa los átomos y las moléculas a manera de esferas y sus enlaces los representan con líneas e interpretan el significado de reacción química y formación de nuevas en términos de reordenamientos de partículas para la resolución (Caamaño, 2017).

El nivel simbólico es el más utilizado por los estudiantes, al parecer porque es el que aprenden desde los primeros años del bachillerato y en ocasiones lo hacen por memoria, Taber (2013) resalta que las intervenciones didácticas deben ir direccionadas de tal manera que se permitan tránsitos entre los niveles macroscópicos y microscópicos, en consecuencia podemos afirmar que el haber incluido actividades de aprendizaje intencionadas a desarrollar nuevos niveles de representación en el tema de estequiometría, permitió que los estudiantes avanzaran con las comprensiones del nivel macroscópico y alcanzaran comprensiones del nivel microscópico. En términos de Revolo y Lerzo (2016) conseguir el nivel de representaciones simbólico permite que los estudiantes adquieran la total comprensión de los niveles de representación.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Pinto (2004), que estuvieron enfocados en el uso de herramientas didácticas que contribuyeron a una mejor asimilación de los conceptos y contenidos, pues los estudiantes logran cambiar el describir los fenómenos químicos desde los niveles macroscópicos y simbólicos de la materia, evolucionan a un nivel donde comunican la estructura interna de la materia conocido como el nivel microscópico. Al respecto como lo expresa Johnstone, (1982) la comprensión de la química

se lograr cuando se relacionan o se transita por todos los niveles de representación de la materia.

Teniendo en cuenta los análisis anteriores, se pudo identificar que al incorporar modelos de representación en química a través de una unidad didáctica mediada por las TIC, los estudiantes reconocen leyes ponderales, ecuaciones químicas, balanceo de ecuaciones químicas, proporciones estequiométricas, reactivo límite y reactivo en exceso, que para Raviolo y Lerzo (2016), estas dificultades van más allá de los cálculos matemáticos y precisan que para comprender las estequiométricas implica la comprensión profunda de los conceptos de fórmula química, reacción química, reactivos y productos, subíndices y coeficientes estequiométricos.

#### **6.5 ¿CUÁL ES EL APORTE DE LA HABILIDAD DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS AL APRENDIZAJE DE LA ESTEQUIOMETRÍA, A TRAVÉS DE UNA UNIDAD DIDÁCTICA MEDIADA POR LAS TIC?**

Teniendo en cuenta los análisis presentados anteriormente, damos respuesta a la pregunta de investigación, en la que podemos establecer que el aporte de la resolución de problemas al aprendizaje de la estequiometría radica en que a medida que los estudiantes van incorporando la resolución de problema van alcanzado de manera progresiva mejores comprensiones de las problemáticas, llegando a transitar por los niveles macroscópicos, microscópicos y simbólico de la química, que en términos de Johnstone (1982) es un indicador de comprensión de la temática estequiometría. Asimismo, Galagovsky y Glaudice (2015) señalan que el aprendizaje de la estequiometria química, requiere la capacidad de identificar y explicar los fenómenos abordados en tres niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico.

De lo anterior, podemos establecer entonces que la resolución de problemas estequiométricos y el aprendizaje de la química son una unidad, dado que para resolver problemas los estudiantes deben tener comprensiones sobre los niveles macro, micro y simbólico de la química.



En el momento de ubicación, pudimos evidenciar que los estudiantes poco empleaban conceptos propios de la estequiometría o mencionaban algunos solo porque los recordaban de años anteriores, más bien, usaron tautologías para solucionar los problemas. En el momento de desubicación, pudimos corroborar que los estudiantes además de sentirse motivados por resolver los problemas, pudieron entender aspectos relacionados con la estequiometría. 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.

Los aportes evidenciados al desarrollo de la habilidad de resolución de problemas durante y después de la aplicación de la unidad didáctica son que, al ser un proceso con unos objetivos bien definidos en cada sesión, los estudiantes iban incrementando su motivación al encontrar estrategias de resolución de problemas y comprender que un indicador de aprendizaje de la química es transitar entre los diferentes niveles de representación (Caamaño, 2017). Además la mediación de la unidad didáctica donde el estudiante utilizando la internet, el ordenador, Tablet o dispositivos móviles podía encontrar la información suficiente que le sirviera como puente entre el mundo macroscópico, microscópico y simbólico, permitiendo a los alumnos construir abstracciones mediante el uso de modelos, el trabajo colaborativo, las prácticas de laboratorio, uso de analogías, videos explicativos, que permitieron identificar los obstáculos y trabajar en ellos como una inspiración para el aprendizaje del lenguaje químico y así entender la estequiometría, especialmente en lo que se refiere al uso adecuado de la simbología para describir los procesos químicos.

Ahora bien, podemos afirmar que, si bien la resolución de problemas es considerada una habilidad cognitiva de nivel superior (Vilanova et al., 2001), los estudiantes sujetos a la intervención en cuanto a los retos estequiométricos reconocieron la situación problema, aumentó la motivación para querer solucionarlos, encontraron que no se resuelven inmediatamente o por medio de aplicar unas fórmulas o algoritmos, y que se deben planear algunas acciones o estrategias antes de resolverlos. Los conceptos propios de la estequiometría como masa, masa atómica, masa molecular, mol, reacción química,

ecuación química, reactivo límite, reactivo en exceso, porcentaje de pureza, porcentaje de rendimiento, las leyes ponderales como: la conservación de la materia, ley de las proporciones múltiples y definidas, para los estudiantes ahora son más claros y comprensibles (no por completo), lo cual favorece el conocimiento científico de la asignatura de química; sin embargo, lo más importante es que la habilidad de resolución de problemas contribuye al desarrollo del pensamiento crítico (Tamayo, Zona y Loaiza, 2014), habilidad que les permitirá prepararse para la vida.

Finalmente, destacamos que, aunque se avanzó tanto en la resolución de problemas como en los niveles de representación, no podemos garantizar que haya un aprendizaje profundo de la estequiometría, dado que esto requeriría estudiar otras dimensiones del aprendizaje, así como garantizar la transferencia de conocimiento a otros escenarios. Sin embargo, los estudiantes encontraron en la página Web una experiencia valiosa, así como se sintieron motivados a desarrollar cada una de las actividades propuestas.

## 7 CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los análisis presentados en el apartado anterior y atendiendo a los objetivos de la investigación, como compromisos metodológicos, presentamos a continuación las conclusiones para cada objetivo.

1. La resolución de problemas estequiométricos además de ser una habilidad de nivel superior, favorece el aprendizaje en química, entendido este (para esta investigación), como el tránsito por distintos niveles de representación en química. Esto se traduce entonces en que, para resolver problemas estequiométricos, es necesario una comprensión de los tres niveles: macro, micro y simbólico, pues la resolución es de dominio específico de conocimiento.

Además de lo anterior, una unidad didáctica mediada por TIC, intencionalmente diseñada para resolver problemas, así como para transitar por los tres niveles de representación de la química, permitió progresos en ambas categorías, así como la motivación por parte de los estudiantes. Esto, permite entonces concluir que las TIC son mediaciones y no son en sí mismas un fin de los procesos educativos; lo que, si es importante resaltar, es que emplearlas requiere propósitos intencionados y conscientes en función del desarrollo de habilidades.

2. Se identificaron los niveles de resolución de problemas estequiométricos y los niveles de representación en química iniciales, los cuales sirvieron de base para el diseño de la unidad didáctica mediada por TIC, intencionalmente diseñada para vencer los obstáculos encontrados.

Sobre los niveles de resolución de problemas iniciales, los estudiantes se ubicaron en niveles bajos: 1, 2 y 3, en los cuales realizaron descripciones simples del problema y no emplearon estrategias para resolver. Fundamentalmente los estudiantes usan tautologías, lo que evidencia que no entienden el problema y en tal sentido no reconocen variables, no plantean estrategias para resolverlo ni lo solucionan; esto, revela que bajas comprensiones del problema son el primer obstáculo para desarrollar la habilidad resolutiva de problemas.

Ahora bien, sobre los niveles de representación de la química, encontramos que los estudiantes tienen una fuerte tendencia a explicaciones desde el nivel macroscópico, lo que devela uso de concepciones cotidianas y bajos conocimientos del lenguaje propio de la química. También emplean un nivel simbólico, el cual pudo deberse bien a un proceso de memorización de los elementos, más no a una comprensión genuina de la estequiometría o, a que en algunos de los problemas se presentaban algunas fórmulas.

3. Al identificar los niveles de resolución de problemas y los niveles de representación en el momento inicial y compararlos con los del momento final, se evidenció un progreso en las capacidades de reconocer, plantear, formular y diseñar estrategias de resolución, debido a que a medida que avanza la intervención didáctica alcanzan comprensiones profundas sobre las leyes ponderales, reacciones químicas, ecuaciones químicas, justificadas en los problemas resueltos por parte de los estudiantes. Sin embargo, es importante aclarar que esto no significa que los estudiantes sean buenos resolutores de problemas, pero lograron familiarizarse con la resolución de problemas.

Después de la intervención didáctica mediada por TIC, los estudiantes alcanzaron habilidades de resolución de problemas y de representación en química aplicadas a la estequiometría. Esto se pudo inferir ya que transitaron a niveles superiores de resolución de problemas N3, N4 y N5 y niveles de representación en química macroscópico, microscópico y simbólico, donde los estudiantes reconocieron el problema, lo representaron microscópicamente, identificaron relación entre variables, además de ello solucionaron los problemas de manera adecuada.

## 8 RECOMENDACIONES

Dentro de las principales dificultades para llevar a cabo la propuesta, encontramos la pandemia y aprendizajes superficiales sobre la química de años anteriores. Esto revela obstáculos importantes, dado que para el estudio de la estequiometría se requieren bases conceptuales sólidas sobre conceptos químicos.

A nivel metodológico, sugerimos realizar estudios longitudinales, en los que se puedan desarrollar más actividades; asimismo, que se realicen en otros conceptos de la química que puedan favorecer comprensiones profundas del campo. 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 menor a mayor complejidad, que demande de los estudiantes, potenciar progresivamente resoluciones más profundas y rigurosas.

Por otro lado, como parece ser que a los estudiantes les parece difícil comprender el nivel microscópico de la materia, se debe propiciar desde la didáctica de la química intervenciones que permitan entender la naturaleza discontinua de la materia.

Finalmente consideramos que el diseño de unidades didácticas mediadas por las TIC puede ser aplicadas y examinadas en otros temas de la química, así como en otras áreas del conocimiento, teniendo en cuenta que los ordenadores, tabletas, teléfonos inteligentes e internet hacen parte de su entorno.

## 9 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). El proyecto de investigación, Introducción a la metodología científica. Editorial Episteme
- Asensio, C. (2013). Adaptación del modelo de Miguel de Guzmán para la resolución cooperativa de problemas para alumnos de 1º de la ESO. Universidad de la Rioja.
- Avargil, S., Bruce, M., Amar, F. y Bruce, A. (2015). Students' understanding of analogy after a CORE (Chemical Observations, Representations, Experimentation) learning cycle, General Chemistry experiment. *Journal of Chemical Education*, 92(10), 1626--1638.
- Barrantes, H. (2006). Resolución de problema. Cuadernos De Investigación Y Formación En Educación Matemática, Año 1, Número 1. Recuperado de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6971/6657>
- Caamaño, A. (2014). La estructura conceptual de la química: realidad, conceptos y representaciones simbólicas. *Alambique. Didáctica de ciencias experimentales*. (78). 7-20.
- Caamaño, A. (2017). Formas y niveles de representación de la química: Un instrumento esencial para comprensión del cambio químico. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, (90), 8-16 Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6162310>
- Caycedo, C. (2018). La resolución de problemas desde la regulación metacognitiva, hacia el aprendizaje del concepto de fracción. (Tesis de Maestría). Manizales, Universidad de Manizales.
- Childs, P., & Sheehan, M. (2009). What's difficult about chemistry? An Irish perspective, *Chemistry Education Research and Practice*, 10, 204-218
- Chomsky, N. (2004). Estructuras sintácticas. México: Siglo Veintiuno.

- Colombo, L. (1998). La resolución de problemas en el aula. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 20(1), 75 - 85.
- Contreras, L. (1987). ¿La resolución de problemas, una panacea metodológica?; escuela universitaria del profesorado de EGB de Huelva. *Enseñanza de las ciencias*, vol. 5(1). Pág. 49-52.
- 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.
- Díaz, A. (2013). *Guía Para La Elaboración De Una Secuencia Didáctica*. UNAM México: Comunidad de conocimiento UNAM, 10 (04), 2016.
- Díaz, P., Natera, L. y Pérez, L. (2017). Uso del método Polya como estrategia metodológica para la resolución de problemas con estructuras multiplicativas en 5° y solución de triángulos rectángulos en 10°. Barranquilla: Fundación Universidad del Norte.
- De Guzmán, M. (1991). *Para pensar mejor*. Labor, Barcelona.
- Galagovsky, L. y Glaudice, J. (2015). Estequiometría y ley de conservación de la masa: una relación a analizar desde la perspectiva de los lenguajes químicos. *Ciencia y educación*, 21 (1), 85-99.
- García, J. (1998). La creatividad y la resolución de problemas como base de un modelo didáctico alternativo. *Educación y pedagogía*, 10 (21), 145-173.
- García, J. (2000). La solución de situaciones problemáticas: una estrategia didáctica para la enseñanza de la química. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(1), 123-129.
- García, J. (2003). *Didáctica de las ciencias: resolución de problemas y desarrollo de la creatividad*. Editorial Magisterio.
- Garret, M. (1995). Resolver problemas en la enseñanza de las Ciencias. *Alambique*. *Didáctica de las ciencias experimentales*, N°5, pág. 6-15.

- Garzón, F. (2012). Propuesta didáctica para la enseñanza de la estequiometría para el Colegio Rodrigo Lara Bonilla jornada nocturna. Recuperado de <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/20546>
- Huddle, P. y Pillay, A. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African University. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 65-77.
- Johnstone, A. (1982). Macro and microchemistry, *School Science Review*, 64, 377-379.
- Kempa, F. (1986). Investigación y experiencias didácticas: resolución de problemas de química y estructura cognitiva. *Enseñanza de las ciencias*. Vol. 4(2), pág. 99-100
- Kind, V. (2004). Más allá de las apariencias, ideas previas de los estudiantes sobre conceptos básicos de química. México: Editorial Santillana, 25-33.
- Landau, L. y Lastres, L. (1996). Cambios químicos y conservación de la masa... ¿está todo claro? *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, 14 (2), 171-174.
- Lazonby, J., Morris, J. y Waddington, D. (1992). "The Muddlesome Mole", en *Education in Chemistry*, julio, pp. 109-111.
- Loaiza, J. (2011). Diseño y aplicación de una unidad mezclas didáctica para la enseñanza de cuantificación de sustancias y de relaciones en homogéneas en un curso de estequiometría Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.
- López, P. (2008) Estudio de la resolución de problemas matemáticos con alumnos recién llegados de Ecuador en Secundaria. (Tesis de doctorado). Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/1328>
- Macario, S. (2006) *Matemáticas para el siglo XXI*. Talca, Chile: Universitat Jaume I
- Mantilla, C. (2014). Diseño e implementación de una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la estequiometría Colombia: Universidad Nacional de Colombia.



- Martínez, M y De longhi, A. (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.
- Mitchell, I. y Gustone, R. (1984). Some student conceptions brought to the study of stoichiometry. *Research in Science Education*, 14, 78-88.
- Moreno, J. (2011). Las analogías una estrategia didáctica para el aprendizaje de la estequiometría. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Murcia, S y Valdivieso, M. (2013). Aspectos a considerar en la resolución de un problema. Recupera de [http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/eventos/2013/cf/eime/doc/Aspectos\\_a\\_considerar\\_en\\_la\\_resolucion\\_problema\\_sandra\\_margoth.pdf](http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/eventos/2013/cf/eime/doc/Aspectos_a_considerar_en_la_resolucion_problema_sandra_margoth.pdf)
- Oñorbe, A. y Sánchez, J. (1996). Dificultades en la enseñanza-aprendizaje de los problemas de física y química. II. Opiniones del profesor. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, [en línea], 1996, Vol. 14, n.º 3, pp. 251-60, <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article>
- Ordenes, R., Arellano, M., Jara, R. y Merino, C. (2014). Representaciones macroscópicas, submicroscópicas y simbólicas sobre la materia. *Educación Química*, 25(1), 46-55. DOI: 10.1016/S0187-893X(14)70523-3.
- Pinto, G. (2004). Ejemplos de la vida cotidiana para el aprendizaje de la química: Valoración por alumnos universitarios. Recuperado de [https://www.academia.edu/6736120/C%C3%81LCULOS\\_DE\\_ESTECUIOMETR%C3%8DA\\_APLICADOS\\_A\\_PROBLEMAS\\_DE\\_LA\\_REALIDAD\\_COTIDIANA\\_UNA\\_APROXIMACI%C3%93N](https://www.academia.edu/6736120/C%C3%81LCULOS_DE_ESTECUIOMETR%C3%8DA_APLICADOS_A_PROBLEMAS_DE_LA_REALIDAD_COTIDIANA_UNA_APROXIMACI%C3%93N)
- Polya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- Porlán, R., & Rivero, A. (1998) El conocimiento de los profesores: una propuesta formativa en el área de ciencias. Sevilla: Díada Editora,
- Raviolo, A. y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27 (3), 195-204.
- Ruiz, E. (2016). Desarrollo y aplicación de una estrategia para resolver problemas en la asignatura de análisis de circuitos eléctricos, basado en el proceso general de resolución de problemas (Manson, Burton Y Stacey. 1982). Recuperado el 26 de marzo de 2020 de <http://repository.pedagogica.edu.co/bitstream/handle/20.500.12209/1998/TE-18997.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Satizabal, S. (2018). Secuencia didáctica con el uso de manipulables virtuales para la construcción del conocimiento científico de la estequiometria. Universidad ICESI
- Schön, D. (1992). La preparación de profesionales para las demandas de la práctica. Barcelona: Paidós.
- Schoenfeld, A. (1985). *Mathematical Problem Solving*. New York: Academic Press
- Schoenfeld, A. (1993). *Mathematical Problem Solving*. New York: Academic Press.
- Simon, H. (1984). La teoría del procesamiento de la información sobre la resolución de problemas. En Carretero, M. y García, J.A. (Comp.).
- Taber, K. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemistry education. *Chemistry Education Research and Practice*, 14(2), 156-168.
- Tamayo, O., Zona, R., y Loaiza, Y. (2014). Pensamiento crítico en el aula de ciencias. Manizales: Universidad de Caldas.
- Tamayo, O. (2014). Pensamiento crítico dominio-específico en la didáctica de las ciencias. *Revista Tecnó Epistemé y Didaxis* 36, 25-45.

- Treagust, D., y Chandrasegaran, A., The efficacy of an Alter-native Instructional Programme Designed to Enhance Se-condary Students' Competence in the Triplet Relations-hip. En: Gilbert, J., DeJong, O., Justi, R., Treagust, D., y VanDriel, J., Chemical Education: Towards Research-based Practice (pp. 151-168). Nueva York, EUA: Kluwer Acade-mic Publishers, 2009.
- Vallejo, W. (2017). Relaciones explicativas entre los niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico de la materia; una propuesta didáctica para la enseñanza del concepto de “reacción química. Universidad Nacional de Colombia. 5Recuperado de <http://bdigital.unal.edu.co/58347/1/71789249.2017.pdf>
- Vilanova, S., Rocerau, M., Valdez, G., Oliver, M., Vecino, S., Medina, P., Astiz, M. y Álvarez, E. (2001). La educación matemática, el papel de la resolución de problemas en el aprendizaje. OIE-Revista Iberoamericana de Educación. Recuperado de <https://rieoei.org/historico/deloslectores/203Vilanova.PDF>
- Yarroch, W. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449-459.
- Zamora, J. (2016). Propuesta de método de resolución de problemas matemáticos en educación primaria. Universidad Jaume. Recuperado el 2 de abril de 2020 de [http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/169269/TFG\\_2017\\_ZamoraFerrer\\_Julia.pdf?sequence=1](http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/169269/TFG_2017_ZamoraFerrer_Julia.pdf?sequence=1) .
- Zona, J., y Giraldo, J. (2017). Resolución de problemas: escenario del pensamiento crítico en la didáctica de las ciencias. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 13(2), 122-150.

## **ANEXO 1 UNIDAD DIDÁCTICA**

### **Enseñanza de la estequiometría grado 10 Colegio de Boyacá**

**Ernesto Uscátegui Molano**

#### **Contenido**

- Resumen
- Planeación
- Momento de Ubicación
- Momento de Desubicación
- Momento de Reenfoque
- Desarrollo de la Unidad Didáctica

#### **Resumen**

Se presenta la siguiente unidad didáctica para la enseñanza y el aprendizaje de la estequiometría y las leyes que le dan su soporte teórico, las actividades que se desarrollaran tienen como objetivo que los estudiantes de grado 10° del Colegio de Boyacá, comprendan las relaciones cuantitativas entre reactivos y productos, así mismo que se desarrollen las habilidades de resolución de problemas y en los niveles de representación en química: macroscópica, microscópica y simbólica.

Mediante el desarrollo de las actividades planteadas en la unidad didáctica se espera contribuir al desarrollo del pensamiento crítico.

#### **Planeación**

Para la unidad didáctica, se tendrá en cuenta el modelo pedagógico constructivista del Colegio de Boyacá y el diseño didáctico de unidades de la Universidad Autónoma de Manizales, la cual consta de 3 fases (UAM, 2013):

### **Momento de Ubicación:**

**Objetivo:** Reconocer sus conocimientos previos en relación a la resolución de problemas en estequiometría.

**Actividades:** Las actividades que constituyen este momento tienen el objeto de identificar las ideas previas del estudiante, permitiendo hacer evidente los niveles de resolución de problemas y los niveles de representación en química.

### **Momento de Desubicación**

**Objetivo:** Presentar desde el punto de vista de los autores, las diferentes temáticas de estequiometría planteadas en el momento de ubicación. Para ello, se debe considerar el momento de ubicación como el punto de partida de las diferentes reflexiones y discusiones teóricas y metodológicas propuestas por los expertos en los temas estudiados.

**Actividades:** Se presentará a los estudiantes un problema cotidiano que tiene que ver con la acidez estomacal académica, en este momento hace su aparición la clase magistral, con los apoyos tecnológicos complementarios requeridos para el logro de los objetivos propuestos.

### **Momento de Reenfoque**

**Objetivo:** Integrar los momentos de ubicación y desubicación para hacer evidente los nuevos niveles alcanzados en resolución de problemas y en los niveles de representación en química sobre la temática de estequiometría.

**Actividad:** Se presentará a los estudiantes nuevamente el instrumento que se utilizó en el momento de ubicación.

<b>Título</b>	<b>Estequiometría al Alcance de Todos</b>
<b>URL</b>	<b><a href="https://www.estequiometriacolboy.com">https://www.estequiometriacolboy.com</a></b>
<b>Competencia</b>	<b>Comprende que los diferentes mecanismos de reacción química (Oxidoreducción, neutralización y precipitación) posibilitan la formación de compuestos inorgánicos. (Ministerio de Educación Nacional [MEN], 2016, p.35).</b>

<p><b>Evidencias de aprendizaje</b></p>	<p><b>MEN (2016):</b></p> <p>Balancea ecuaciones químicas dadas por el docente, teniendo en cuenta la ley de conservación de la masa y la conservación de la carga, al determinar cuantitativamente las relaciones molares entre reactivos y productos de una reacción (a partir de sus coeficientes). (p.35).</p>
<p><b>Introducción</b></p>	<p>La sociedad permanentemente elabora y distribuye productos provenientes de la industria química, alimentos, ropa, combustible, medicinas, entre otros, lo cual constituye la base de la economía en cualquier lugar, por tal razón, es importante que la materia prima sea eficientemente utilizada, esto se consigue implementando cálculos estequiométricos útiles para hacer el balanceo correspondiente entre reactivos o insumos y los productos respectivos, también se deriva de esta, la relación costos y ganancia. En este sentido, si se produce algún error en los cálculos cuantitativos esto inevitablemente trae como consecuencia pérdidas y/o disminución de calidad.</p> <p>Los conceptos que se analizan y discuten a continuación y los procedimientos implícitos favorecen el desarrollo en los estudiantes de las habilidades relacionadas con la resolución de problemas contribuyendo, de este modo, con la construcción del pensamiento crítico y científico.</p> <p>En este sentido, la presente unidad didáctica tiene como finalidad promover un ambiente de aprendizaje que facilite la comprensión de la estequiometría y todo lo inherente a la resolución de problemas relacionados, con ello, se desarrollan en paralelo habilidades y competencias propias del área de Ciencias Naturales Químicas.</p>
<p><b>Objetivos de aprendizaje</b></p>	<p>Interpretar una ecuación balanceada, considerando el concepto de moles y gramos para reactivos y abordando para ello situaciones cotidianas.</p>

	<p>Desarrollar habilidades que le permitan estructurar relaciones cuantitativas entre los reactivos de una ecuación química y los correspondientes productos.</p> <p>Resolver problemas estequiométricos considerando los conceptos de reactivo límite, reactivo en exceso, porcentaje de rendimiento y pureza.</p>	
Objetivos de enseñanza	<p>Desarrollar habilidades para la resolución de problemas en estequiometría.</p> <p>Potenciar procesos para reconocer los niveles de representación en química.</p>	
Duración de la unidad didáctica	<p>12 sesiones</p> <p>Cada sesión 60 minutos.</p>	
Recursos y materiales	<p>Tabla periódica</p> <p>Computadores portátil o tablets</p> <p>Material digital</p>	
<b>Actividades</b>		
Fase 1: Ubicación Conocimientos previos	Sesión 1.	Reconocer los conocimientos previos que tienen los estudiantes acerca de las reacciones químicas y la estequiometría.
	<p>Para efectuar este reconocimiento se indaga en una discusión socializada con los estudiantes sobre el tema y se aplica el cuestionario para el diagnóstico de conocimiento individual, que se hace bajo la supervisión del profesor quien debe posteriormente hacer el análisis (anexo 8).</p>	
Fase 2: Desubicación	Sesión 2.	Se plantea un problema cotidiano que le permite al estudiante identificar sus necesidades de aprendizaje, así como, la importancia de adquirir dichos conocimientos

<b>Presentación del problema</b>	<p><b>El trabajo se desarrolla de la siguiente manera:</b></p> <p><b>Se desarrollará de manera individual.</b></p> <p><b>Se entrega el problema, un texto relacionado con la acidez estomacal (ANEXO 3), este debe ser leído para dar respuesta a las preguntas formuladas.</b></p> <p><b>El profesor siempre debe hacer acompañamiento, orientando en caso de ser necesario.</b></p>	
<b>Fase 3: Desubicación Esquema de trabajo y búsqueda de la información</b>	<b>Sesión 3.</b>	<p><b>Los estudiantes diseñan un camino para resolver el problema y lograr el aprendizaje necesario (ANEXO 4).</b></p>
	<p><b>La sesión se dividirá en dos momentos:</b></p> <p><b>El estudiante debe elaborar un esquema de trabajo con el cual considera que puede adquirir los conocimientos y satisfacer las necesidades detectadas con anterioridad.</b></p> <p><b>Posteriormente efectúa las investigaciones y todo lo pertinente para alcanzar el objetivo de aprendizaje propuesto y con ello resolver el problema, solicitando cuando lo requiera la orientación del docente</b></p>	
	<b>Sesión 4.</b>	<p><b>El estudiante socializa los datos y la información obtenida con el resto de los grupos.</b></p>
	<p><b>El estudiante deberá realizar aportes que permite la construcción de los conceptos y le llevan a la resolución de la situación problema que se ha planteado inicialmente, es importante que en todo momento el docente cumpla del rol de guía y facilitador del proceso.</b></p>	



<b>Fase 4:</b> <b>Desubicación</b> <b>Consolidación de</b> <b>competencias</b>	Sesión 5.	<p>El estudiante mediante el planteamiento de situaciones de la vida diaria desarrolla las competencias en las que reconoce ciertos términos relacionados con la estequiometría (ANEXO 5).</p> <p>El estudiante reconoce los distintos niveles de representación en química.</p>
	<p>El profesor muestra y explica algunos escenarios cotidianos en los que cada uno debe identificar y consolidar la comprensión de conceptos como proporcionalidad, porcentaje de rendimiento, reactivo limitante y reactivo en exceso, los estudiantes deben participar resolviendo los planteamientos y situaciones propuestas.</p>	
	Sesión 6	<p>El estudiante identifica los problemas, reconoce y desarrolla la vía para resolver problemas estequiométricos. (ANEXO 6)</p>
	<p>Se hace entrega de una serie de ejercicios que deben ser resueltos de manera individual, desarrollando las competencias y conocimientos adquiridos.</p>	
	Sesión 7 y 8	<p>El estudiante mediante la experimentación, comprueba lo que es una reacción de neutralización, como parte de la explicación y comprensión de la acidez estomacal (ANEXO 7).</p>
	<p>Se consolida el entendimiento de una reacción química y su proceso con lo cual se fortalecen conceptos y desarrollan competencias.</p>	
<b>Fase 5:</b> <b>Desubicación</b> <b>Solución del</b> <b>problema</b>	Sesión 9 y 10.	<p>El estudiante efectúa un informe en el cual reporta lo observado, los resultados y la explicación del fenómeno.</p>
	<p>El estudiante elabora un informe en el cual se hace una introducción del fenómeno, explica en que consiste, establece la reacción involucrada y los resultados observados y obtenidos, incluso puede</p>	

	sugerir otros fenómenos similares que se pueden abordar (acidez estomacal y la reacción de neutralización).	
<b>Fase 6: Evaluación</b>	Sesión 11 y 12.	<b>El estudiante se apropia del conocimiento obtenido con la implementación de la unidad didáctica.</b>
	<p><b>Durante toda la unidad didáctica, es importante que la evaluación sea constante, de tal modo que se haga el seguimiento y control respectivo en cada fase y sesión. Aunado a esto también es necesaria la autoevaluación, y la evaluación de la unidad didáctica.</b></p> <p><b>Se aplica nuevamente el instrumento para el diagnóstico de conocimiento individual, que se hace bajo la supervisión del profesor quien debe posteriormente hacer el análisis (ANEXO 7).</b></p>	

## ANEXO 2 AUTORIZACIÓN PARA APLICACIÓN DE INSTRUMENTOS

**ASUNTO:** Autorización para aplicación de instrumentos

**ESTABLECIMIENTO PÚBLICO:** Colegio de Boyacá

Yo \_\_\_\_\_ padre de familia y/o acudiente del estudiante \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ años de edad y quien cursa actualmente el grado \_\_\_\_\_ en este establecimiento público, autorizo a mi hijo(a) y/o acudido(a), menor de edad, para participar en el proyecto de investigación que desarrolla el docente Ernesto Uscátegui Molano, en el área de Ciencias Naturales Química 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 hijo(a) y/o acudido(a), además interactuar a través de un grupo formado en las 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.

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

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

## ANEXO 3 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

### Fase 2. Sesión 2: Lectura 1

#### Presentación del problema

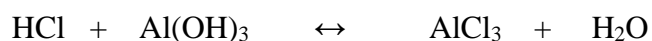
**Objetivo de aprendizaje:** Se plantea un problema cotidiano que le permite al estudiante identificar sus necesidades de aprendizaje, así como, la importancia de adquirir dichos conocimientos.

1. Organizar equipos de trabajo conformados por 4 estudiantes.
2. Lectura:

#### La acidez estomacal

La acidez gástrica es consecuencia de una producción excesiva de ácido en el estómago, que origina ardor en la parte superior del abdomen e incluso en la garganta. Es un problema que afecta a muchas personas y que podría estar relacionado con los malos hábitos alimentarios y con las actividades que se desarrollan antes y después de la ingesta. Son numerosos los autores que abordan las causas de la acidez, los consejos para prevenirla o tratarla y los medicamentos disponibles en la farmacia para combatirla. Este problema gástrico generalmente ocurre cuando se ha ingerido alimentos muy pesados (embutidos, carnes rojas, cítricos, alcohol, entre otros). Cuando este síntoma es esporádico se puede recurrir a un medicamento llamado antiácido, para provocar una reacción de neutralización, la cual no es más que una reacción química que se produce entre el ácido estomacal y el antiácido, produciendo sal y agua, de esta forma se logra apagar el fuego que provoca el volcán de ácidos estomacales.

Para aliviar los efectos gástricos por acidez, es recomendable ingerir productos farmacéuticos que contengan hidróxido de aluminio  $\text{Al(OH)}_3$ . Una de las reacciones que ocurren al interior del estómago se representa por la siguiente ecuación.



De acuerdo con la ecuación anterior si el jugo gástrico de un adulto contiene 0,1 moles de HCl en un momento determinado, e ingiere 7,8 g de  $\text{Al}(\text{OH})_3$  para neutralizar la acidez, el reactivo límite de la reacción es:

Teniendo en cuenta la situación anterior ¿Qué crees que sucedería si una persona toma un antiácido en exceso?

1. Responde las siguientes preguntas

- a) Enumera los conceptos clave del texto
- b) De esos conceptos clave cuáles son variables de la situación expuesta.
- c) Representa gráficamente la reacción de neutralización en el estómago.

- d) ¿Qué crees que debes saber para la solución del problema?

- e) Realiza una descripción que involucre la posible solución o soluciones del problema utiliza gráficas, flujogramas, dibujos, o texto escrito.

- f) Escriba la información que posee sobre el problema y para comprobar la hipótesis que lleva a la solución del problema.

g) ¿Qué consideran que les hace falta para llevar a cabo la solución del problema?

h) Justifica por qué la alimentación balanceada puede evitar este malestar.

## ANEXO 4 ESQUEMA DE TRABAJO Y BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

### Fase 3 Sesión 3:

#### Esquema de trabajo y búsqueda de información

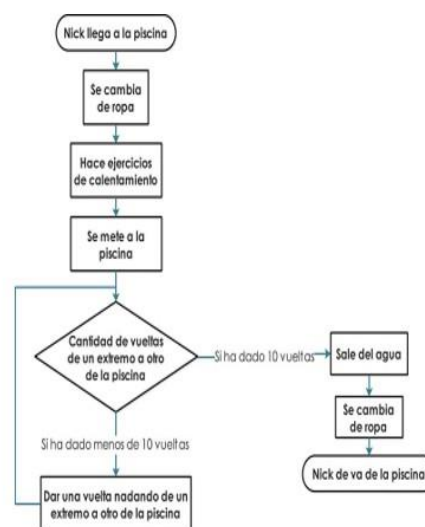
#### Objetivos de aprendizaje:

Los estudiantes diseñan un camino para resolver el problema y lograr el aprendizaje necesario.

Se le indica al estudiante que esquematicen los pasos a seguir y una forma de hacerlo utilizando los flujogramas, para ello el docente debe explicar el modo de construirlos, para ello, puede ilustrar con el material que a continuación se presenta:



Fuente: [ingmecafenix.com](http://ingmecafenix.com)



Fuente: [panamahitek.com](http://panamahitek.com)

#### Instrucciones a seguir:

1. En la virtualidad utilizando su computadora portátil, móvil o Tablet se les indica que investiguen con respeto al flujograma.

2. Deben diseñar un camino esquematizado en el cual indiquen los pasos a seguir para resolver el problema.
  
3. Deben diseñar una presentación para mostrar la información recopilada y el esquema al que se ajustaran, esta debe ser compartida con el resto del salón, para ello tienen 20 minutos.
  
4. Cuando estén listos, cada estudiante muestra su trabajo en cinco minutos.
  
5. Es conveniente que después de cada presentación se tenga un tiempo estipulado para aclarar dudas o hacer sugerencias.



## ANEXO 5 CONSOLIDACIÓN DE COMPETENCIAS

### **Fase 4: Consolidación de competencias**

**Objetivo de aprendizaje:** El estudiante mediante el planteamiento de situaciones de la vida diaria desarrolla las competencias en las que reconoce ciertos términos relacionados con la estequiometría.

El profesor explica y muestra escenarios cotidianos que le permiten introducir los conceptos de proporcionalidad, rendimiento, reactivo limitante y reactivo en exceso.

### **Estequiometría**

En 1792, el químico alemán Jeremías B. Richter utilizó el término estequiometría, para describir la rama de la química, que se encarga de medir las proporciones en las cuales se combinan los elementos químicos, descubrió que las masas atómicas de los elementos químicos y las cantidades en que se combinan son constantes, estas relaciones pueden representarse mediante las ecuaciones químicas (Katz,2016).

Los cálculos estequiométricos permiten conocer con exactitud, las cantidades de reactivos que deben ser mezclados para obtener un producto determinado.

### **Reacción química**

Fenómeno que se presenta cuando se altera la naturaleza interna de los cuerpos; durante una reacción los reactivos experimentan rompimiento y formación de nuevos enlaces, que generan nuevas sustancias llamadas productos, que a su vez tienen características distintas a las sustancias de origen (Katz,2016).

### **Ecuación Química**

Es la representación figurada de la reacción química, en ella se utilizan, símbolos, coeficientes, subíndices, letras, números, signos, flechas (Katz,2016).

## **Leyes ponderales**

La estequiometría tiene como base de sustento las leyes ponderales o relativas a las masas de las sustancias (Katz,2016).

### **Ley de Lavoisier**

Antoine Laurent Lavoisier postuló la ley de la conservación de la materia, esta ley afirma que: “la sumatoria de las masas de los reactivos es igual a la suma de las masas de los productos”. (Katz,2016).

### **Ley de Proust definidas**

Joseph Louis Proust, enunció la ley de las proporciones definidas o constantes, que asevera que: “cuando las sustancias reaccionan entre sí, siempre lo hacen en la misma proporción” (Katz,2016).

### **Ley de Dalton**

Jhon Dalton estableció la ley de las de las proporciones múltiples que plantea que: “Cuando dos sustancias reaccionan entre sí para formar dos o más compuestos, siempre y cuando la masa de una de las sustancias se mantenga constante, la masa de la otra aumentará en una relación de números enteros y sencillos” (Katz, 2016).

### **Ley de Richter-Wensel**

Jeremías B. Richter planteó la ley de las proporciones recíprocas o equivalentes: “las masas de dos elementos diferentes que se combinan con una misma cantidad de un tercer elemento, guardan la misma relación que las masas de aquellos elementos cuando se combinan entre sí” (Katz, 2016).

La estequiometría nos permite establecer las relaciones entre los reactivos y los productos de una reacción a partir de una ecuación química balanceada, de esta manera se pueden resolver y hacer verificaciones tanto en masas como en moles de todas las sustancias que intervienen en una reacción (Katz, 2016).

Sin embargo, en la vida cotidiana y en los procesos industriales, es necesario asegurar producir cierta cantidad de producto y esto se consigue adicionando en exceso alguno de los

reactivos que intervienen en la reacción, cerciorándose que se consuma por completo el otro reactivo (Katz, 2016).

**Reactivo en exceso:** Es la sustancia que se encuentra en mayor proporción estequiométrica, por lo tanto, una vez finaliza la reacción podemos encontrar aun este reactivo (Katz, 2016).

**Reactivo límite:** Es la sustancia que se encuentra en menor proporción estequiométrica, por lo tanto, se acaba primero que las demás y determina el fin de la reacción.

Para hallar el reactivo límite de una reacción basta dividir el número de moles dados en su respectivo número estequiométrico de la ecuación química, luego se comparan los resultados de cada reactivo y el menor cociente es reactivo límite (Katz, 2016).

## **Mol**

Es una unidad de cantidad de partículas, tiene un valor matemático conocido como el número de Avogadro y es igual a  $6,023 \times 10^{23}$ , también se define como el cociente entre la masa dada de una sustancia y su masa molecular se representa con la letra (n) (Katz, 2016).

## **Rendimiento y Pureza**

En las situaciones reales las cantidades de productos obtenidos siempre serán menores a las cantidades teóricas que nos proporciona la ecuación química balanceada, debido a reacciones secundarias que se desencadenan en el proceso, la pureza de los reactivos o las condiciones no favorables del proceso (Katz, 2016).

$$\% \text{ de rendimiento} = \frac{\text{g de producto real}}{\text{g de producto teórico}} \times 100$$

Posteriormente los estudiantes deben resolver las preguntas relacionadas con las situaciones expuestas. (ANEXO 7)

## **Referencias**

Katz, M. (2016). Temas de Historia de la Química. Buenos Aires, Argentina: Asociación Química Argentina.

Ministerio de Educación Nacional (MEN). (2016). Derechos Básicos de Aprendizaje. Ciencias Naturales. Bogotá: MEN.

Universidad Autónoma de Manizales (UAM). (2012). Presentación de la Maestría Enseñanza de las Ciencias en Modalidad Virtual. Recuperado de <https://www.autonoma.edu.co/oferta-academica/educacion-virtual/maestria-en-ensenanza-de-las-ciencias-virtual>

## ANEXO 6 TRABAJO EN EQUIPO

1. Un grupo de 3 amigos se van de vacaciones por 15 días y llevan para comer 3 docenas de huevos, una docena de pan y suficiente café para ese tiempo

Sabiendo que el desayuno se prepara a razón de:



H= Huevos

P= Panes

C= Café

D= Desayuno

Responder:

1. De los tres alimentos requeridos para el desayuno

¿Argumenta cuál se acaba primero? \_\_\_\_\_

¿Explica cuáles han de sobrar? \_\_\_\_\_

2. Considera que el café se ha sustituido por jugo de fruta ¿Cuál sería la expresión que representa el desayuno?

3. Toma en cuenta que para preparar café requieres medio litro de agua, 3 cucharadas de café y cuatro cucharadas de azúcar ¿Representa simbólicamente esta relación?

4. Ahora bien, conociendo la relación anterior para preparar café ¿Cuánto necesitas de cada ingrediente para obtener litro y medio de café entre los ingredientes?

Café: \_\_\_\_\_ Azúcar: \_\_\_\_\_ Agua: \_\_\_\_\_

5. Una de las formas de producir (Fe) hierro es haciendo reaccionar el óxido férrico ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) con monóxido (CO) a altas temperaturas en el proceso también se produce dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ).

Representa, balancea y demuestra el cumplimiento de la ley de la conservación de la materia en la ecuación de producción de hierro.

¿Demuestra cuántos moles de hierro se obtienen si se triplican los moles de óxido de hierro?

---

¿Explica Cuánto de dióxido de carbono se obtiene en moles, si de óxido de hierro se tiene la mitad? \_\_\_\_\_

Si la reacción de partida es 1600 g de óxido de hierro y 336 g de monóxido de carbono:

¿Demuestra cuánto hierro se obtiene? \_\_\_\_\_

¿Explica cuál de los reactivos es el limitante? \_\_\_\_\_

## Gracias por tu colaboración

### ANEXO 7 EXPERIMENTO REACCIÓN ACIDO BASE

Los ácidos y bases conforman grupo de sustancias que poseen ciertas propiedades semejantes. Es fácil en casa conseguir sustancias acidas como el limón que tiene ácido cítrico ( $C_6H_8O_7$ ), el vinagre que es ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ), el yogur posee ácido láctico ( $C_3H_6O_3$ ), de igual modo, entre las sustancias que denominadas bases se encuentra el amoníaco ( $NH_3$ ), el bicarbonato sódico ( $NaHCO_3$ ) y la lejía ( $NaClO$ ). Cuando entra en contacto un ácido con una base se produce la conocida reacción de neutralización.

Una forma práctica de entender esta reacción de neutralización es mediante un experimento, para ello primero debe prepararse una sustancia que será el líquido indicador (se describe más abajo). Seguidamente se prepara la disolución ácida agregando zumo de limón en un envase de vidrio y, por otro lado, la disolución básica, disolviendo dos cucharadas de bicarbonato de sodio en otro recipiente de agua.

Una vez listas las disoluciones en cada vaso, se agrega una cucharada de indicador a cada recipiente, se puede observar que en el recipiente con limón se observa un color rojo (color indicador en disolución ácida) mientras que en el recipiente que posee el bicarbonato de sodio, se torna color verde azulado (color del indicador en disolución básica).



El último paso consiste en mezclar las soluciones, agregando la disolución de bicarbonato sódico al recipiente que contiene limón (La solución verde se añade a la roja). De esta

manera se obtiene una reacción en la que el ácido neutraliza la base, lo que se puede detectar a simple vista con un cambio de color debido a que el líquido indicador regresa a su color original.

Lo sucedido en este experimento es similar al proceso que ocurre cuando se sufre de acidez estomacal, en este caso, el ácido clorhídrico (HCl) que forma parte de la digestión (presente en los jugos gástricos), al encontrarse en exceso, produce la acidez, esto logra calmarse cuando se toma un antiácido que tiene como componente esencial el bicarbonato de sodio que es una base

#### Indicador natural

Una solución indicadora o indicador es una sustancia cuyas propiedades le permite tomar un color diferente dependiendo de la sustancia con la cual se pone en contacto bien sea un ácido o una base. Esta solución indicadora se puede preparar en casa una col morada o lombarda.



Para preparar la solución se corta la col lombarda finamente y se cocina con agua suficiente que la cubra. Una vez que comience a hervir se retira del fuego y se deja enfriar por 30 minutos. Se recupera el agua filtrando con colador y se conserva en un recipiente, este es el líquido indicador.

Este indicador al entrar en contacto con un ácido la solución se vuelve roja, por el contrario, si interactúa con una base se torna verde o azul



## ANEXO 8 CUESTIONARIO PARA EL DIAGNÓSTICO DE CONOCIMIENTO

### Diagnóstico de conocimiento

ESTUDIANTE: \_\_\_\_\_

Responde las siguientes preguntas:

1. Los fósforos de la cocina contienen trisulfuro de tetrafósforo, sustancia que al ser friccionada con alguna superficie reacciona con el oxígeno formando gases y liberación de energía, la cual es útil para realizar las labores encomendadas, la reacción responde a la siguiente ecuación química:



¿Si la masa de la cabeza del fosforo es de 0,3 g y reaccionan con suficiente oxígeno que cantidad de  $\text{P}_4\text{O}_{10} (\text{g})$  y  $\text{SO}_2 (\text{g})$  se producirán?

A partir de la situación planteada responde las siguientes preguntas:

1. A) ¿Entiendes el problema que debes resolver? Explícalo con tus propias palabras.

---

---

2. A). Representa el problema a través de un dibujo:

3. A). ¿Cuáles son los datos o variables que te proporciona el problema?

---

---

---

---

B). ¿Qué puedes hacer con estos datos?

---

---

C). ¿Cómo se relacionan esas variables?

4. A). Propón una hipótesis de como solucionarías el problema

---

---

B). ¿Qué crees que sucederá si realizas esta reacción en ausencia de oxígeno?

5. A). ¿Qué información posees para resolver el problema?

---

---

B.) ¿Esta información es o no suficiente? Justifica tu respuesta

---

---

C.) ¿Sabes que procedimientos debes emplear para resolver el problema? Justifica tu respuesta

---

---

D.) Diseña una serie de pasos o estrategias para resolver el problema.

Paso 1: \_\_\_\_\_

Paso 2: \_\_\_\_\_

Paso 3: \_\_\_\_\_

Paso 4: \_\_\_\_\_

E.) Una vez escrita la estrategia ¿identificas nueva información en el problema?, ¿cuál?

---

---

**6.** A.) Resuelve el problema empleando los pasos propuestos. Si ves que no está funcionando, ajusta los pasos, escríbelos nuevamente en este espacio (no borres los primeros) y luego procede a solucionar el problema:

2. Considérese la reacción de un antiácido en tableta o particulado, donde el Bicarbonato de sodio  $\text{NaHCO}_3$  y el ácido cítrico  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$  en solución acuosa reaccionan para formar citrato de sodio  $\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  en solución acuosa, agua  $\text{H}_2\text{O}$  líquida y dióxido de carbono  $\text{CO}_2$  gaseoso, la efervescencia se da cuando se libera este último gas.

Escribe correctamente la ecuación química y a partir de ella averigua la cantidad del reactivo en exceso, si una tableta de 5 g de antiácido contiene 2385 mg de bicarbonato de sodio y 2500 mg de ácido cítrico.

A partir de la situación planteada responde las siguientes preguntas:

1. A). ¿Entiendes el problema que debes resolver? Explícalo con tus propias palabras.

---

---

---

---

2. A). Representa la reacción del antiácido en agua través de un dibujo y explícalo.
3. A). ¿Cuáles son los datos que te proporciona el problema?

---

---

B). ¿Qué puedes hacer con estos datos?

---

---

C). ¿Cómo se relacionan esas variables?

---

---

4. A). Propón una hipótesis de como solucionarías el problema

---

---

B). ¿Qué crees que sucederá si realizas esta reacción en alcohol? Justifica tu respuesta.

---

---

5. A). ¿Qué información posees para resolver el problema?

---

---

B). ¿Esta información es o no suficiente? Justifica tu respuesta

---

---

C). ¿Sabes que procedimientos debes emplear para resolver el problema? Justifica tu respuesta

D). Diseña una serie de pasos o estrategias para resolver el problema.

Paso 1: \_\_\_\_\_

Paso 2: \_\_\_\_\_

Paso 3: \_\_\_\_\_

Paso 4: \_\_\_\_\_

E). Una vez escrita la estrategia ¿identificas nueva información en el problema?, ¿cuál?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6. A). Resuelve el problema empleando los pasos propuestos. Si ves que no está funcionando, ajusta los pasos, escríbelos nuevamente en este espacio (no borres los primeros) y luego procede a solucionar el problema

3. Las bolsas de aire de los automóviles se inflan cuando la azida de sodio sustancia de color blanco, se descompone por causa de una señal eléctrica emitida por el computador del carro en sodio y nitrógeno, usualmente cuando hay un golpe similar a chocar de frente con un obstáculo a 20 km/h, esta reacción es exotérmica y muy rápida, tanto que infla la bolsa a una velocidad equivalente a 300 km/h.



¿Qué cantidad en gramos de nitrógeno gaseoso se producirá si los vehículos vienen equipados con 2 moles de azida de sodio?

A partir de la situación planteada responde las siguientes preguntas:

1. A). ¿Entiendes el problema que debes resolver? Explícalo con tus propias palabras.

---

---

---

---

2. A). Representa a través de un dibujo como imaginas que se infla la bolsa de aire de un vehículo tras un choque:

3. A). ¿Cuáles son los datos o variables que te proporciona el problema?

---

---

---

---

B). ¿Qué puedes hacer con estos datos?

---

---

C). ¿Cómo se relacionan esas variables?

---

---

**4.** A). Propón una hipótesis de como solucionarías el problema

---

---

B). ¿Qué crees que sucederá si los ingenieros por error realizan mal los cálculos estequiométricos para determinar la cantidad exacta de azida de sodio necesaria para inflar la bolsa de aire?

---

---

**5.** A). ¿Qué información posees para resolver el problema?

---

---

B). ¿Esta información es o no suficiente? Justifica tu respuesta

---

---

C). ¿Sabes que procedimientos debes emplear para resolver el problema? Justifica tu respuesta



---

---

D). Diseña una serie de pasos o estrategias para resolver el problema.

Paso 1: \_\_\_\_\_

Paso 2: \_\_\_\_\_

Paso 3: \_\_\_\_\_

Paso 4: \_\_\_\_\_

E). Una vez escrita la estrategia ¿identificas nueva información en el problema?, ¿cuál?

---

---

**6.** A). Resuelve el problema empleando los pasos propuestos. Si ves que no está funcionando, ajusta los pasos, escríbelos nuevamente en este espacio (no borres los primeros) y luego procede a solucionar el problema:

4. El amoníaco (NH<sub>3</sub>) es un compuesto muy utilizado en las industrias boyacenses que producen fertilizantes, esta materia prima se obtiene cuando se combinan cantidades de nitrógeno (N<sub>2</sub>) con hidrógeno (H<sub>2</sub>) de acuerdo a la siguiente ecuación.



El proceso fue propuesto por Haber y Bosh en 1910 y presenta un rendimiento de la reacción 40 %, que es rentable para la industria.

¿Para producir 300 g de NH<sub>3</sub> bajo estas condiciones, cuántos gramos de nitrógeno (N<sub>2</sub>) e hidrógeno (H<sub>2</sub>) es necesario que reaccionen?

A partir de la situación planteada responde las siguientes preguntas:

1. A). ¿Entiendes el problema que debes resolver? Explícalo con tus propias palabras.

---

---

---

---

2. A). Representa la ecuación química de la síntesis del amoníaco a través de un dibujo donde se observe la ruptura de enlaces para la formación de nuevas moléculas:

3. A). ¿Cuáles son los datos o variables que te proporciona el problema?

---

---

---

---

B). ¿Qué puedes hacer con estos datos?

---

---

C). ¿Cómo se relacionan esas variables?

---

---

4. A). Propón una hipótesis de como solucionarías el problema

---

---

B). ¿Por qué crees que es tan bajo el rendimiento de esta reacción?

---

---

5. A). ¿Qué información posees para resolver el problema?

---

---

B). ¿Esta información es o no suficiente? Justifica tu respuesta

---

---

C). ¿Sabes que procedimientos debes emplear para resolver el problema? Justifica tu respuesta

---

---

D). Diseña una serie de pasos o estrategias para resolver el problema.

Paso 1: \_\_\_\_\_

Paso 2: \_\_\_\_\_

Paso 3: \_\_\_\_\_

Paso 4: \_\_\_\_\_

E). Una vez escrita la estrategia ¿identificas nueva información en el problema?, ¿cuál?

---

---

**6.** A). Resuelve el problema empleando los pasos propuestos. Si ves que no está funcionando, ajusta los pasos, escríbelos nuevamente en este espacio (no borres los primeros) y luego procede a solucionar el problema:

5. A partir de la siguiente ecuación química y teniendo en cuenta que los principales constituyentes de la gasolina son octanos:



Halla el reactivo límite y la cantidad en gramos de  $\text{CO}_2$  producido en el laboratorio del Colegio de Boyacá se hizo reaccionar 2,1 moles de octano con 800 g de oxígeno.

A partir de la situación planteada responde las siguientes preguntas:

1. A). ¿Entiendes el problema que debes resolver? Explícalo con tus propias palabras.

---

---

---

2. A). Representa a través de un dibujo (1) la reacción real y en otro dibujo (2) donde se observe el reactivo en exceso, y como el reactivo límite condiciona la finalización de la reacción:

Dibujo (1)	Dibujo (2)

**3. A).** ¿Cuáles son los datos o variables que te proporciona el problema?

---

---

---

**B).** ¿Qué puedes hacer con estos datos?

---

---

**C).** ¿Cómo se relacionan esas variables?

---

---

**4. A).** Propón una hipótesis de como solucionarías el problema

---

---

**B).** Propón desde tu experiencia como estudiante, una alternativa para disminuir la cantidad de CO<sub>2</sub> liberado a la atmosfera.

---

---

---

5. A). ¿Qué información posees para resolver el problema?

---

---

B). ¿Esta información es o no suficiente? Justifica tu respuesta

---

---

C). ¿Sabes que procedimientos debes emplear para resolver el problema? Justifica tu respuesta

---

---

D). Diseña una serie de pasos o estrategias para resolver el problema.

Paso 1: \_\_\_\_\_

Paso 2: \_\_\_\_\_

Paso 3: \_\_\_\_\_

Paso 4: \_\_\_\_\_

E). Una vez escrita la estrategia ¿identificas nueva información en el problema?, ¿cuál?

---

---

**6. A).** Resuelve el problema empleando los pasos propuestos. Si ves que no está funcionando, ajusta los pasos, escríbelos nuevamente en este espacio (no borres los primeros) y luego procede a solucionar el problema:

Gracias por tu colaboración