

## Dificultades en el Aprendizaje del Concepto Estequiometría en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva, Huila

### Difficulties in the Learning of the Stoichiometry Concept in students of Natural Sciences and Environmental Education at the Universidad Surcolombiana of Neiva, Huila

**Karol Tatiana Vargas Zúñiga**

*Universidad Surcolombiana, u20191179912@usco.edu.co*

**Yulise Katherine Quintero Fierro**

*Universidad Surcolombiana, u20191178646@usco.edu.co*

**Luis Javier Narváez Zamora**

*Universidad Surcolombiana, ljnz47@usco.edu.co*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8577-8107>

#### Resumen.

La presente investigación tiene como objeto de estudio la identificación de dificultades sobre el aprendizaje del concepto estequiometría en estudiantes de primer semestre, del curso de Química General correspondiente al periodo académico 2021-2 de la Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana. El diseño metodológico cualitativo usado involucró el uso de cuatro instrumentos: un cuestionario para establecer el punto de partida conceptual del grupo de 8 estudiantes participantes, una entrevista dirigida a docentes de química para detectar dificultades entre sus estudiantes durante el aprendizaje del concepto, un diario de campo para identificar las dificultades de la muestra estudiada y una rejilla de observación para mostrar las dificultades de algunos libros de texto de química general. Los resultados comunes relevantes provenientes luego de aplicar estos cuatro instrumentos se enfocan hacia los siguientes aspectos: Dificultad de orden conceptual para con el manejo de las operaciones matemáticas fundamentales, como suma, resta, multiplicación y división, además del uso de los factores de conversión. Dificultad para balancear ecuaciones químicas por el método redox. Marcada dificultad para establecer relaciones estequiométricas a partir de una ecuación química balanceada y la falta de comprensión respecto al origen del vocablo estequiometría desde la perspectiva histórica y epistemológica.

#### Palabras clave.

Estequiometría, Mol, Dificultades de aprendizaje, Sustancia, Reacción química.

## Abstract.

The present research has as object of study the identification of difficulties about the stoichiometry concept in first semester students of the General Chemistry course corresponding to the academic period 2021-2 of the Natural Sciences and Environmental Education Degree of the Universidad Surcolombiana. The qualitative methodological design used involved the use of four instruments: a questionnaire to establish the conceptual starting point of the group of 8 participating students, an interview directed to chemistry teachers to detect difficulties among their students during the learning of the concept, a field diary to identify the difficulties of the studied sample and an observation grid to show the difficulties of some general chemistry textbooks. The relevant common results coming from applying these four instruments focus on the following aspects: Difficulty of conceptual order for with the handling of fundamental mathematical operations, such as addition, subtraction, multiplication, and division, in addition to the use of conversion factors. Difficulty in balancing chemical equations by the redox method. Marked difficulty in establishing stoichiometric relationships from a balanced chemical equation and lack of understanding of the origin of the term stoichiometry from a historical and epistemological perspective.

## Keywords.

Stoichiometry, Mole, Learning difficulties, Substance, Chemical reaction.

Recepción: 10/10/2022 - Aceptación: 10/12/2022

Para citar este artículo / To reference this article / Para citar este artigo

Vargas-Zúñiga, K. T., Quintero-Fierro, Y. K., Narváez-Zamora, L. J. (2022). Dificultades en el Aprendizaje del Concepto Estequiometría en estudiantes de Licenciatura en Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana de Neiva, Huila. *Revista Latinoamericana de Educación Científica, Crítica y Emancipadora (LadECiN)*, 1(2), 01-18.  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.8075236>

## Introducción

Para los docentes de química es imprescindible articular la teoría con la práctica, en este caso para facilitar el aprendizaje de la estequiometría. Sin embargo, se hace uso mayoritario del componente teórico, tratando de abordar la complejidad y abstracción de los modelos usados para explicar los conceptos químicos, lo cual se convierte en un obstáculo para que el estudiante pueda relacionarlos y aplicarlos con su entorno, dando como resultado un aprendizaje de tipo memorístico principalmente; esta dificultad ocurre en las temáticas donde se resuelven ejercicios que requieren un razonamiento matemático, como requisito para construir significados conceptuales. Este es el caso de la estequiometría, que de acuerdo con diferentes investigaciones ha generado muchas dificultades tanto para estudiantes como para profesores en el proceso de enseñanza y aprendizaje (Villareal & Sánchez, 2018).

Por consiguiente, es fundamental precisar cuáles son algunas de las dificultades detectados en el aprendizaje de la estequiometría. Para empezar, Moreno et al., (2009, p.447) hacen alusión a que “tradicionalmente la estequiometría se ha enseñado desde una perspectiva algorítmica de ejercicios de aplicación”, donde estos solo han sido tomados de libros que por lo general solo son de apoyo en la enseñanza de química; estos autores también mencionan que la estequiometría es enseñada “desde ecuaciones químicas que se plantean en pruebas de lápiz y papel cuyo contenido abstracto es conocido por los profesores de química pero que no es muy comprendido por los estudiantes”.

Algunas dificultades puntuales de los estudiantes sobre el aprendizaje de la estequiometría, dado “el grado de abstracción de los modelos que la explican y el tipo de razonamientos que exige su formalización” (Raviolo & Lero, 2014), son las siguientes:

- "Confusión de las distintas cantidades químicas (moles, concentraciones, masas, volúmenes) que se ponen en juego en la resolución de problemas" (Frazer & Servant, 1987)
- "Concepción errónea debida a una incompleta comprensión de la ecuación química y su relación con la situación empírica. Puesto que, los estudiantes al partir desde la composición inicial del sistema no logran determinar el estado final empleando la ecuación química" (Arasasingham et al., 2004).
- Identificación del reactivo limitante como la sustancia que tiene el menor coeficiente estequiométrico en la ecuación química balanceada (Huddle & Pillay, 1996).
- "Sostienen que para que se produzca el cambio químico es necesario que los reactivos estén en la situación inicial en una proporción particular, dado que se confunde el lado izquierdo de la ecuación química con el estado inicial del sistema" (Gauchon & Méheut, 2007).
- Dificultad para identificar el reactivo límite cuando en una reacción dos de ellos están en el mismo estado de agregación (sólido, líquido o gaseoso), o en su defecto, asumir al reactivo límite cuando en una reacción solamente uno de ellos es sólido y se agota totalmente (Gauchon & Mehérut, 2007).
- "No comprenden las fórmulas químicas en términos de partículas y el significado de los subíndices o de los coeficientes estequiométricos, aun cuando ajusta correctamente las ecuaciones químicas" (Yarroch, 1985).
- "No conservan la masa y los átomos en una reacción química, o presentan problemas con la conservación de los átomos y la no conservación de las moléculas en el cambio químico" (Mitchell & Gustone, 1984).
- "Afirman que para que se produzca el cambio químico es necesario que los reactivos estén en la situación inicial en una proporción particular (por ejemplo, la proporción dada por los coeficientes estequiométricos), dado que se confunden el lado izquierdo de la ecuación química con el estado inicial del sistema" (Gauchon

& Méheut, 2007; Raviolo, 2006). Los anteriores autores fueron citados por Raviolo & Lerzo (2014), y a su vez citados por Villareal y Sánchez (2018).

De igual forma, Fach (2007) apoyado en los siguientes autores menciona otras dificultades presentes en el aprendizaje de la estequiometría, tales son:

- "Equiparar la relación de masa de los átomos en una molécula con la relación del número de estos átomos, y la relación de masa con la relación de masa molar" (Schmidt, 1990).

- "Calcular la masa molar de una sustancia dada sumando las masas atómicas y luego multiplicando o dividiendo esta suma por el coeficiente de la sustancia en la ecuación química" (BouJaoude & Barakat, 2000).

"Confundir o desconocer las definiciones y relaciones entre las entidades estequiométricas en general" (Furió et al., 2002).

(Los anteriores autores fueron citados por Fach, 2007).

Por otra parte, Pozo y Gómez (2000) señalan que desde la estequiometría se denota de manera significativa la falencia de definir y aplicar el concepto mol como unidad de la magnitud material denominada cantidad de sustancia para establecer relaciones estequiométricas de masa y número de partículas. De igual forma, estos mismos autores resaltan que las explicaciones otorgadas a las reacciones químicas se fundamentan en el aspecto físico de las sustancias implicadas en ellas, sobre todo, en la dificultad de aplicar la ley de la conservación de la masa de Lavoisier e interpretar el significado de una ecuación química ajustada. Asimismo, dificultades en cuanto al cálculo de proporciones en el momento de aplicarlo en la resolución de ejercicios de química, por ejemplo, cálculos con moles y número de partículas (átomos etc.), aplicaciones de las leyes de los gases, ajustes de reacciones, concentración de disoluciones, equilibrio químico y cálculos estequiométricos.

Al respecto de las dificultades planteadas anteriormente, Gómez y Pozo (2000), clasifican las dificultades en cuanto al aprendizaje y la enseñanza del concepto estequiometría desde el orden epistemológico, ontológico y conceptual, dado que requiere del manejo del lenguaje, comprensión de fórmulas, reacciones, además

del empleo adecuado de conceptos matemáticos que faciliten su asimilación (Manrique, 2012), además, de ser uno de los temas de amplia aplicabilidad que todo estudiante de química debe saber, para tener un buen entendimiento de cualquier área de esta disciplina (Furió & Padilla, 2003).

En este sentido, se busca conocer cuáles son las dificultades de aprendizaje del concepto de estequiometría desde el orden epistemológico, ontológico y conceptual en estudiantes de primer semestre en la Licenciatura de Ciencias Naturales y Educación Ambiental de la Universidad Surcolombiana.

### Aspectos Metodológicos

Esta investigación se desarrollo con un enfoque cualitativo basado en un método de estudio de casos, y un diseño metodológico que involucró las siguientes etapas.

#### Etapas Iniciales

En esta etapa se establecen los referentes bibliográficos para definir la frontera del conocimiento sobre el problema a investigar en relación con las dificultades de aprendizaje del concepto estequiometría, además de construir y validar los instrumentos para obtener la información.

Los instrumentos empleados fueron los siguientes:

- 1) Un cuestionario tipo escala Likert con destino a los estudiantes objeto de estudio, para conocer sus saberes previos respecto a la estequiometría y sus conceptos auxiliares.
- 2) Una entrevista con destino a profesores de Química del bachillerato y/o universidad para detectar la bibliografía usada al abordar el concepto estequiometría, la presencia o ausencia de prácticas de laboratorio presenciales o simuladas como apoyo didáctico.
- 3) Una bitácora para recabar información de las clases de Química General durante el abordaje de la temática "Estequiometría", y de ese modo identificar las dificultades en su aprendizaje.

- 4) Una rejilla de observación para mostrar las dificultades de algunos libros de texto de química general usados tanto en educación media como superior

### Etapa de Ejecución

En esta etapa se aplicaron los cuatro instrumentos validados y piloteados previamente con los cuales se obtuvieron los datos, estos fueron sistematizados por categorías de acuerdo con las dificultades encontradas.

### Etapa de Analisis de Resultados

En ella se establecieron las categorías resultantes de las dificultades de aprendizaje del concepto estequiometría, a partir de las actividades de la etapa de ejecución.

## Resultados y Discusión

### Cuestionario a Estudiantes

El primer instrumento que se aplicó fue un cuestionario de tipo Escala Likert, el cual constó de 19 ítems los cuales fueron valorados por expertos de la academia. El número total de estudiantes que participaron voluntariamente en la investigación fue de ocho personas del curso de Química General. Los 19 ítems involucrados en el cuestionario se destinaron a valorar la estructura cognitiva del grupo objeto de estudio, respecto a los conceptos relacionados con la estequiometría, los cuales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Conceptos sobre estequiometría evaluados en el cuestionario.

Concepto	Cantidad de ítems	Posición en el cuestionario
Estequiometría	2	3,18
Ley de conservación de la masa	2	19
Ley de las proporciones definidas	1	12
Mol	2	2, 13
Oxidación	1	4
Reducción	1	10
Masa molar	1	5
Número de Avogadro	1	1
Ecuación química	2	6, 15
Reacción química	2	8, 9, 13

Balaceo de ecuaciones químicas por redox	1	16
Rendimiento	1	7
Reactivo límite	1	14
Pureza de reactivos	1	11
Composición centesimal	1	17
<b>Total</b>	<b>19</b>	

Fuente: Autores.

La estructura cognitiva inicial de los estudiantes con el desarrollo de la unidad temática de estequiometría, correspondiente al microdiseño del curso se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Estructura cognitiva inicial del grupo estudiado.

Items	Casos								Total	% de Acierto
	1	2	3	4	5	6	7	8		
1	5	5	5	4	4	5	5	5	38	95
2	3	3	3	5	3	3	3	3	26	65
3	5	5	1	2	5	1	5	5	29	72,5
4	1	5	2	4	4	2	5	1	24	60
5	4	5	4	5	4	4	5	4	35	87,5
6	5	5	4	5	4	4	5	5	37	92,5
7	1	4	4	4	4	4	4	1	26	65
8	4	4	1	5	1	1	4	4	24	60
9	4	2	1	3	3	3	2	4	22	55
10	5	4	5	4	5	5	4	5	37	92,5
11	2	5	4	5	1	4	5	2	28	70
12	1	2	1	4	3	1	2	1	15	37,5
13	3	4	4	2	5	4	4	3	29	72,5
14	2	2	1	5	3	1	2	2	18	45
15	3	3	2	2	3	2	3	3	21	52,5
16	1	5	4	3	1	4	5	1	24	60
17	1	2	1	1	3	1	2	1	12	30
18	4	4	5	5	5	5	4	4	36	90
19	4	5	5	5	4	5	5	4	37	92,5
<b>Puntaje</b>	<b>58</b>	<b>74</b>	<b>57</b>	<b>73</b>	<b>65</b>	<b>59</b>	<b>74</b>	<b>58</b>	<b>518</b>	<b>68.16</b>

Fuente: Autores.

Adicionalmente, con los datos sistematizados en la tabla 2 se calculan con Excel las medidas de tendencia central las cuales corresponden a las respuestas del cuestionario aplicado se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Medidas de tendencia central.

Promedio	Desviación estándar	Varianza	Máximo	Máximo	Moda	% Acierto total
64,75	7,78	60,5	74	57	58	68,16

Fuente: Autores

Si bien la muestra fue pequeña, estuvo conformada por 8 estudiantes quienes participaron de todas las actividades asistidas por la virtualidad, los demás asistieron irregularmente, razón por la cual, sus datos resultaron incompletos para el análisis, de todas maneras, las medidas de tendencia central indican las siguientes características. En primer lugar, se debe destacar que los(as) estudiantes antes de empezar el abordaje de la unidad temática correspondiente a la estequiometría demostraron conocerla respondiendo acertadamente el cuestionario con un 68.16% de dominio conceptual, valor porcentual significativo en su estructura cognitiva, eso significa que como punto de partida poseen un saber disciplinar aceptable, el cual es producto de actividades anteriores de aprendizaje. La desviación estándar o dispersión de los datos, muestra un grado de homogeneidad conceptual grupal de 7.78, un valor de desviación estándar bajo, lo cual indica que el grupo como tal, tiene significados más o menos uniformes sobre la estequiometría, los cuales oscilan entre un mínimo de 57 y un máximo de 74 puntos, así como una moda de 58, eventualidades que generan un 64.75 % en promedio, de acierto para los resultados obtenidos por el grupo.

En la figura 1 se muestran las diferencias de cada uno de los 19 ítems evaluados en el cuestionario.

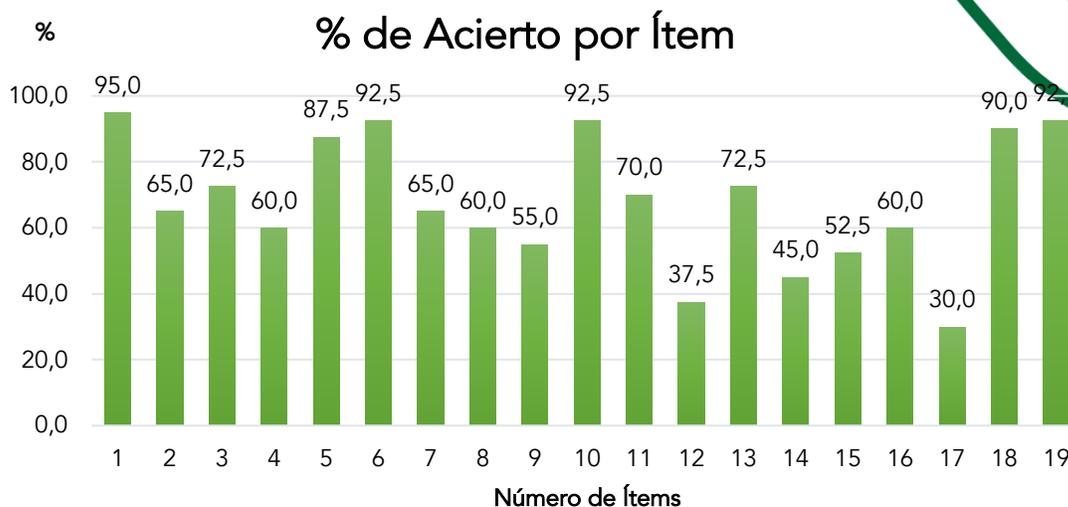


Figura 1. Porcentaje de acierto conceptual.

Fuente: Autores

De acuerdo con los datos recolectados y con base en la figura 1, se puede afirmar que los conceptos de mayor dificultad para el grupo fueron: Composición centesimal, ley de proporciones definidas y reactivo límite, con un porcentaje de acierto de 30,0 %, 37,5% y 45,0 % respectivamente.

Por otro lado, se evidenció que los conceptos que presentaron menor dificultad a nivel cognitivo fueron el número de Avogadro con un porcentaje de acierto del 95,0%, seguido del concepto de ecuación química, reducción y ley de conservación de la masa con un 92,5% cada uno, por último, el concepto de estequiometría con el 90,0 % de acierto.

Con base en los anteriores resultados se puede analizar que el tema de estequiometría presenta cierto grado de dificultad con respecto a su aprendizaje encontrando que en los ítems donde hay mayor deficiencia es en algunos de los conceptos importantes para la estequiometría, por tanto, se puede afirmar que existen unas bases conceptuales poco sólidas frente a esta temática en los estudiantes que fueron objeto de estudio.

## Entrevista a docentes de Química

Los docentes de Química entrevistados responden de acuerdo con los siguientes criterios.

1. Utilizan libros de texto actualizados y pertinentes a la temática de la estequiometría, entre los cuales se encuentran los libros de texto enviados por el docente de la asignatura a los correos de los estudiantes objeto de estudio.
2. En su mayoría manifiestan utilizar la historia y la epistemología del concepto estequiometría para contextualizar su aplicabilidad y para facilitar su comprensión conceptual.
3. Se hace evidente la confusión de los docentes en cuanto al enfoque metodológico y las estrategias didácticas usadas en el desarrollo de las clases, algunos plantean usar enfoques como la modelización, la simulación de fenómenos, las analogías, la resolución de problemas, la indagación dirigida, la contextualización conceptual, el trabajo práctico en el laboratorio y el uso de talleres. Al respecto, una minoría de ellos reconoce al conductismo y el constructivismo como modelos pedagógicos.
4. Es evidente el uso de las aplicaciones TIC tanto para el desarrollo teórico, como para el componente práctico, así como también la vinculación de plataformas evaluativas gamificadas, los recursos de la institución donde laboran y los ejercicios de papel y lápiz.
5. En cuanto a los conceptos auxiliares para abordar la estequiometría destacan los siguientes: constructo de número, principios de igualdad, tabla periódica, estructura de Lewis, fórmulas estructurales, afinidad y distribución electrónica, nubes electrónicas, nomenclatura química, grupos funcionales, ley de la conservación de la masa, las proporciones definidas y múltiples, balanceo de ecuaciones, relaciones estequiométricas en términos de masa-cantidad de sustancia y número de partículas, mol, masa molar, reactivos

límite y en exceso, rendimiento, concentración molar de sustancias en medio acuoso.

6. Destacan la importancia de realizar prácticas de laboratorio simuladas o presenciales para establecer la relación con la teoría estequiométrica.
7. Para evaluar, los docentes utilizan estrategias de diferente índole destinadas a fortalecer las competencias del área, como resolución de problemas y ejercicios, uso comprensivo del conocimiento científico al abordar un artículo, informes de laboratorio, etc. De igual forma, otros manifiestan usar exámenes escritos y también la incorporación de los procesos auto y coevaluativos para detectar avances cognitivos por parte de sus estudiantes.

### Bitacora

Esta Bitácora permitió recabar aspectos sobre el desarrollo del curso de química general, donde se pusieron en evidencia las diferentes dificultades de aprendizaje del concepto estequiometría y sus conceptos auxiliares, identificando que las relaciones estequiométricas, la reducción y el balanceo por el método de redox fueron los que presentaron mayor dificultad en el aprendizaje de los estudiantes. De igual forma, se observó falencias de menor grado en cuanto a la asignación de números de estado de oxidación, en la composición centesimal, las operaciones matemáticas básicas como la multiplicación y despeje de ecuaciones, así mismo lo referente a la pérdida y ganancia de electrones representado en la recta numérica. Cabe destacar, que en su mayoría los estudiantes no utilizan referencias bibliográficas apropiadas para ampliar y profundizar los conceptos abordados.

En este sentido, las dificultades que se encontraron durante el desarrollo de las clases destinadas a la unidad temática correspondiente a estequiometría son las siguientes:

1. Falta de comprensión respecto al origen del concepto estequiometría y a la evolución del mismo desde la perspectiva histórica y epistemológica, siendo esta una dificultad de orden epistémico.

2. Las clases sincrónicas asistidas por la virtualidad dificultan la interacción con los estudiantes, incluso se hace marcada la poca participación e interés por la apropiación del conocimiento estequiométrico, pese a que el docente les suministró cuatro libros de texto actualizados de Química General en formato pdf y sus Apuntes de clase sobre estequiometría, convirtiéndose esta en una dificultad epistemológica.
3. Debido a la carga negativa de los electrones, el grupo objeto de estudio tiene serias dificultades de tipo conceptual para identificar los átomos oxidados y reducidos en una reacción química, lo cual se traduce directamente en la posibilidad de balancearla. Sobre este aspecto, una de las principales falencias la constituye la definición de los conceptos oxidación y reducción, los cuales ocurren en los átomos que pierden o ganan electrones respectivamente. Al respecto, el uso de la recta numérica por parte del docente facilitó de alguna forma la comprensión de estos dos fenómenos fisicoquímicos tan importantes. Adicionalmente, la mayoría de los estudiantes denota dificultad para identificar un agente oxidante como aquella especie en donde alguno de sus átomos se reduce ganando electrones al reaccionar. Lo mismo ocurre con el agente reductor, caracterizado por oxidarse al perder electrones.
4. Al resolver cuantitativamente un ejercicio aflora la dificultad conceptual de plantear los factores de conversión necesarios. Permanentemente se hace evidente la dificultad con el manejo de las matemáticas y sus operaciones fundamentales en la resolución de ejercicios relacionados con la estequiometría.
5. La implementación de prácticas simuladas de laboratorio, dada la emergencia sanitaria mundial (SARS-COV-2), se ve afectada por las dificultades planteadas anteriormente, sumada a la dificultad conceptual de manipular los simuladores usados como Chem Lab, las prácticas de Salvador Hurtado y Chem Sketch.

6. En las reacciones químicas donde se involucran gases, se genera una dificultad conceptual adicional con el manejo de la ecuación de estado para gases ideales, en lo relacionado con el despeje de variables y la interconversión de unidades de presión, temperatura y volumen.
7. La resolución de ejercicios donde se suministran dos reactivos en cualquier estado de agregación dificulta la identificación del reactivo límite debido a las carencias conceptuales sobre proporcionalidad.
8. Luego de balancear una ecuación química, se hace evidente la dificultad de orden conceptual para demostrar el cumplimiento de la ley de la conservación de la masa, debido a la deficiencia en calcular con precisión las masas molares a partir de la sumatoria de las masas atómicas participantes en cada especie química, tanto en productos como en reactivos.

#### Rejilla de observación de libros

Los libros de Química General usados durante el desarrollo de la unidad temática por parte de la comunidad estudiantil y docentes de la universidad Surcolombiana, a los cuales se les realizó la revisión de la calidad científica del contenido, fueron textos de nivel universitario y educación media tales como Brown et al., (2014), Chang y Goldsby (2017), Ebbing y Gammon (2010), Mondragón y Sánchez (2010), Petrucci et al., (2011), asimismo, se compararon estos contenidos con textos de referencia como McMurry y Fay (2009), Moreno (2016) y Ganuza et al., (1998). Es de destacar, que todas las referencias a estos textos aparecerán bajo el título sugerido por Sanger y Greenbow (1999), identificados por las iniciales del autor. Estos libros se identifican como: BLBM, CG, EG, MPSAG y PHMB.

De acuerdo con la rejilla de observación, los conceptos analizados presentaron pocas contradicciones conceptuales, así como también algunos de ellos omiten el uso de la epistemología en cuanto al origen y evolución del concepto estequiometría, dentro de las dificultades que se lograron identificar están las siguientes:

1. Para el concepto estequiometría en el texto de MPSAG y EG presentan una definición ambigua y superficial del mismo.
2. En la ley de la conservación de la masa BLBM y CG expresan una definición un poco incompleta al no precisar que la materia también se transforma.
3. En la ley de proporciones múltiples BLBM y MPSAG expresan que la composición elemental de un compuesto es constante, pero no explican que esta proporción se da en masa de sus elementos.
4. Para la definición de mol, BLBM, CG, EG, MPSAG y PHMB enuncian que este es la cantidad de sustancia que contiene un número determinado de entidades elementales, más no reconociendo el mol como unidad de medida.
5. Para el concepto oxidación, CG solo se refiere a éste como la pérdida de electrones, pero no precisa cuál átomo sufre este proceso ni el aumento del estado de oxidación, mientras que para la reducción al igual solo hace referencia a la ganancia de electrones.
6. En cuanto a la masa molar, PHMB no especifica la unidad en la que se expresa la masa.
7. Para la ecuación química BLBM no destaca que esta es una representación simbólica de una reacción química.
8. Respecto al balanceo de ecuaciones químicas por el método redox, en los textos de BLBM, CG y EG utilizan su variante el método ion-electrón.

## Conclusiones

Las dificultades epistemológicas, ontológicas y conceptuales detectadas en la muestra objeto de estudio resultan al triangular los datos provenientes de los instrumentos usados en el proceso investigativo: cuestionario, bitácora, entrevista y rejilla de observación de libros de texto; entre ellos resultan comunes los siguientes aspectos.

1. Dificultad de orden conceptual para con el manejo de las operaciones matemáticas fundamentales, tales como la suma, resta, multiplicación y división, al parecer, el uso de calculadoras, teléfonos celulares dificultan el manejo satisfactorio de estas operaciones.
2. Resulta muy marcada la dificultad de orden conceptual en cuanto al uso de los factores de conversión, primero para plantearlos y segundo para resolverlos, debido a la dificultad de multiplicar números fraccionarios y al arraigo conceptual con el uso de la regla de tres.
3. Se denota gran dificultad para balancear ecuaciones químicas por el método redox o por sus métodos derivados. En cuanto a esta dificultad de orden conceptual, la primera falencia es detectar los números o estados de oxidación tanto en los reactivos como en los productos de una reacción química, esta dificultad se deriva del desconocimiento de conceptos básicos sistematizados en la tabla periódica.
4. Es reiterativa la dificultad conceptual al definir la oxidación y reducción, obviamente, esto afecta la detección del número de electrones ganados o perdidos por los elementos que cambian sus números de oxidación, lo cual imposibilita balancear correctamente una ecuación química.
5. En el proceso de balanceo surge la dificultad conceptual de relacionar los coeficientes detectados con la cantidad de sustancia tanto de productos como de reactivos participantes en una reacción química.
6. A pesar de tener definiciones correctas para el concepto número de Avogadro, estas no pueden ser correlacionadas con la cantidad de moléculas o átomos participantes en una reacción química, siendo esta una dificultad de orden ontológica.
7. Marcada dificultad conceptual para establecer relaciones estequiométricas a partir de una ecuación química balanceada, en términos de masa-cantidad de sustancia y número de partículas, es decir, se hace evidente la dificultad de correlacionar los modelos macroscópico y microscópico de una reacción química.
8. Falta de relación y comprensión de los modelos usados en química para explicar los cambios microscópicos y macroscópicos de una reacción química en términos de sus relaciones estequiométricas.

## Referencias Bibliográficas

- Brown, T., LeMay, E., Bursten, B., & Burdge, J. (2014). *Química: La ciencia Central*. Mexico: Pearson Educación.
- Chang, R., & Goldsby, K. (2017). *Química* (Doceava edición ed.). México D.F: Mc Graw Hill Educación.
- Ebbing, D. & Gammon, S. (2010). *Química General*. (Novena ed). México D.F. Cengage Learning.
- Fach, M. (2007). Resultados de un estudio de entrevistas como base para el desarrollo de herramientas de apoyo escalonado para problemas estequiométricos. *Investigación y práctica de la educación química*, 8(1), 13-3.
- Furió, C., & Padilla, K. (2003). La evolución histórica de los conceptos científicos como prerrequisito para comprender su significado actual: el caso de la cantidad de sustancia "y el mol". *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales* (17), 55-74.
- Ganuzá, J., Casas, M. P., & Queipo, M. (1998). *Estequiometría, Estructuras, Termoquímica, Equilibrios, Química Orgánica* (Segunda ed.). Madrid, España: McGraw-Hill.
- Manrique, D. (2012). *Algunas estrategias de aula para el mejoramiento de la enseñanza de la estequiometría en la media técnica*. [Tesis de Maestría]. Universidad Nacional.
- McMurry, J., & Fay, R. (2009). *Química General* (Quinta ed.). México: Pearson Educación.
- Mondragón H., Peña, L. Y., Sánchez, M., Arbeláez, F., & González, D. (2010). *Hipertexto Química 1*. Bogotá: Editorial Santillana.
- Moreno, J. E., Herreño, J., Giraldo, V. H., Fuentes, W., & Casas, J. (2009). Estequiometría Visible. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6(3), 477-482.  
[http://dx.doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2009.v6.i3.12](http://dx.doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2009.v6.i3.12)

- Moreno, R. (2016). *Química General* (Primera ed). Mexico: Editorial Mexico.
- Petrucci, R., Herring, G., Madura, J., & Bissonnette, C. (2011). *Química: Principios y Aplicaciones Modernas* (Décima ed.). Madrid: Pearson Educación.
- Pozo, J., & Gómez, . (2009). *Aprender y enseñar ciencia: del conocimiento cotidiano al conocimiento científico* (Sexta ed.). Madrid: Morata L.S.
- Raviolo, A., & Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27(3), 195-204. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>
- Villareal, J., & Sánchez, L. (2018). *Incidencia de la implementación de una unidad didáctica diseñada en el modelo de Investigación Dirigida en el aprendizaje de la Estequiometría*. [Tesis de Maestría]. Universidad de Antioquia.