

Estado de la publicación: El preprint ha sido publicado como artículo en una revista
DOI del artículo publicado: <https://doi.org/10.35622/inudi.c.03.21>

Estudio comparativo sobre las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en las clases de química entre una institución particular y pública

Luis Orlando Chonillo-Sislema

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.12137>

Enviado en: 2025-06-14

Postado en: 2025-07-15 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

Estudio comparativo sobre las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en las clases de química entre una institución particular y pública¹

Comparative study on the difficulties in solving stoichiometric problems in chemistry classes between a private and a public institution

Estudo comparativo sobre as dificuldades na resolução de problemas estequiométricos nas aulas de química entre uma instituição privada e uma pública

LUIS ORLANDO CHONILLO-SISLEMA

luischonillo035@gmail.com

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO.

 ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7461-1096>

Resumen:

Comprender la estequiometría, requieren de un alto dominio conceptual y competencias matemáticas, siendo un área que frecuentemente presentan mayores problemas de aprendizaje. Por ello este estudio busco conocer las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en los estudiantes que reciben Química, abordando las diferencias en las habilidades matemáticas en dos instituciones educativas (particular y pública). La investigación de tipo cuantitativo no experimental partió de una prueba diagnóstica, estructurada en niveles de complejidad básico, elemental y avanzado; para identificar los errores en la resolución, validada por expertos y α de Cronbach 0.826 a 43 estudiantes de la institución pública y 47 de la institución particular. En ambos grupos se identificaron deficiencias en el área conceptual para identificar reactivo limitante y exceso, pureza, rendimiento, nomenclatura y procedimental balanceo de ecuaciones, construcción de compuestos, números de oxidación, conversión entre unidades como gramos, moles y partículas; interpretaciones numéricas, relaciones molares, confusión en cálculos básicos lo cual afecto cálculos posteriores sin embargo el estadístico t de student determino que los estudiantes de la institución particular mostraron un mejor desempeño en la resolución de problemas estequiométricos en comparación a los de la institución pública (7,25 vs. 8,06; $p < 0,01$). Finalmente, para superar estas brechas es importante fomentar estrategias pedagógicas que apunten a mejorar las habilidades matemáticas y potenciar en los estudiantes las áreas conceptuales y procedimentales de química.

¹ Investigación presentada como ponencia y aceptada para su publicación como acta de capítulo de Libro del III Congreso Internacional de Innovación, Ciencia y Tecnología INUDI – UH, 2025

Palabras clave: procesos de aprendizaje, enseñanza de las ciencias, estadísticas educativas, resolución de problemas, química

Abstract:

Understanding stoichiometry requires a high level of conceptual mastery and mathematical skills, and it is an area that often presents greater learning problems. Therefore, this study sought to identify the difficulties in solving stoichiometric problems among students studying chemistry, addressing the differences in mathematical skills in two educational institutions (private and public). The quantitative, non-experimental research began with a diagnostic test, structured at basic, elementary, and advanced levels of complexity, to identify errors in problem solving. The test was validated by experts and had a Cronbach's α of 0.826. It was administered to 43 students from the public institution and 47 from the private institution. In both groups, deficiencies were identified in the conceptual area to identify limiting and excess reactants, purity, yield, nomenclature, and procedural balancing of equations, construction of compounds, oxidation numbers, conversion between units such as grams, moles, and particles; numerical interpretations, molar relationships, confusion in basic calculations, which affected subsequent calculations. However, Student's t-test determined that students from the private institution performed better in solving stoichiometric problems than those from the public institution (7.25 vs. 8.06; $p < 0.01$). Finally, to overcome these gaps, it is important to promote pedagogical strategies that aim to improve mathematical skills and enhance students' conceptual and procedural areas of chemistry.

Keywords: learning processes, science teaching, educational statistics, problem solving, chemistry

Resumo:

Comprender a estequiometria requer um alto domínio conceitual e competências matemáticas, sendo uma área que frequentemente apresenta maiores problemas de aprendizagem. Por isso, este estudo procurou conhecer as dificuldades na resolução de problemas estequiométricos em alunos que estudam Química, abordando as diferenças nas habilidades matemáticas em duas instituições educativas (particular e pública). A investigação quantitativa não experimental partiu de um teste diagnóstico, estruturado em níveis de complexidade básico, elementar e avançado, para identificar os erros na resolução, validado por especialistas e α de Cronbach 0,826 a 43 alunos da instituição pública e 47 da instituição privada. Em ambos os grupos, foram identificadas deficiências na área conceitual para identificar reagentes limitantes e excessos, pureza, rendimento, nomenclatura e equilíbrio procedural de equações, construção de compostos, números de oxidação, conversão entre unidades como gramas, moles e partículas; interpretações numéricas, relações molares, confusão em cálculos básicos, o que afetou cálculos posteriores. No entanto, o teste t de Student determinou que os alunos da instituição privada apresentaram um melhor desempenho na resolução de problemas estequiométricos em comparação com

os da instituição pública (7,25 vs. 8,06; $p < 0,01$). Finalmente, para superar essas lacunas, é importante promover estratégias pedagógicas que visem melhorar as habilidades matemáticas e potencializar nos alunos as áreas conceituais e procedimentais da química.

Palavras-chave: processos de aprendizagem, ensino das ciências, estatísticas educacionais, resolução de problemas, química

INTRODUCCIÓN

La química es fascinante debido a que nos permite entender los procesos que rigen la materia y las interacciones entre átomos y moléculas, revelando cómo se forman las sustancias, cómo reaccionan entre sí y cómo se transforman a lo largo del tiempo (Chang et al., 2016). Esto brinda las herramientas para manipular y controlar estas interacciones, lo que ha conducido a descubrimientos y avances cruciales en la medicina, la agronomía, la tecnología, la energía y la sostenibilidad ambiental.

Al comprender las leyes químicas, podemos diseñar nuevos materiales, desarrollar nuevos tratamientos para enfermedades, mejorar la eficiencia de los procesos industriales y abordar desafíos globales como el cambio climático (García, 2024). De esta manera, la química no solo se centra en explicar el mundo que nos rodea, sino que también nos da el poder de transformarlo y mejorarlo.

Por otro lado, en distintas investigaciones sobre el aprendizaje de Química (Iturra et al., 2021; Maltés et al., 2023; Vargas-Zúñiga et al., 2022) y en los resultados de las pruebas estandarizadas PISA (*Programme for International Student Assessment*) y la evaluación del Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEVAL), organismo encargado de evaluar el rendimiento educativo en Ecuador, han encontrado ciertos factores en la comprensión de los contenidos curriculares de Química que enfrenta la educación en el nivel del bachillerato.

De acuerdo con Lerzo (2016), uno de los focos conceptuales de mucha importancia para la química es la estequiometría, que analiza aspectos cuantitativos de una reacción química – proceso en el cual uno o varias sustancias se crean a partir de otra u otras – esto ha llegado a ser complejo para muchos estudiantes quienes lo reciben porque está conectado a otros temas como son formulación y nomenclatura de compuestos, conversiones, cálculos de masas, disoluciones, gases, lo que hace difícil de entender, debido a que permite ver cómo una reacción química interactúa y se combina con cantidades y características específicas para formar productos diferentes.

Sobre las barreras que enfrentan los estudiantes para aprender química, Bucheró y Planche (2020) señalan cuáles son: a) falta en el uso de procedimientos químicos y metodológicos, b) poca ejercitación en la comprensión de los contextos, c) no saber la forma en la que se resuelven las operaciones, d) poco dominio de operaciones matemáticas y e) formación en problemas sin contexto ni aplicación. Por otro lado, Henrique y Oliveira (2021, pp. 172–173), cita algunos problemas para los estudiantes en la comprensión de los conocimientos estequiométricos con respecto a las Matemáticas:

- a. Se confunden por las cantidades químicas: moles, concentraciones, volúmenes, gases, masas al resolver problemas relacionados con estos conceptos (Frazer y Servant, 1987);

- b. No logran interpretar las fórmulas químicas como representaciones de partículas ni comprenden el significado de los coeficientes estequiométricos, incluso cuando las ecuaciones están correctamente igualadas (Yarroch, 1985);
- c. No interpretan que el reactivo limitante es aquel con el coeficiente estequiométrico más bajo en la ecuación química balanceada (Huddle y Pillay, 1996);
- d. No comprenden completamente la reacción química y su relación con la situación empírica;
- e. Pocos lograron establecer el estado final de los productos en una ecuación química dada (Arasasingham et al., 2004).

Entender las dificultades que se asumen en la resolución de problemas estequiométricos resulta importante, debido a que pueden afectar en su capacidad para desarrollar habilidades analíticas y cuantitativas para las ciencias y otras áreas del conocimiento, pues “la presencia de cálculos, procesos, análisis y fórmulas matemáticas genera problemas para aquellos estudiantes que carecen de habilidades matemáticas, afectando su comprensión lógica y rendimiento académico” (Chonillo-Sislema et al., 2024, p. 82).

Los resultados presentados en el examen del INEVAL (2023), en el cual se evaluaron a 9084 estudiantes de la asignatura de Química y en la que participaron 315 instituciones educativas. Los resultados por sostenimiento² para el periodo 2022-2023, quienes pertenecieron a las unidades fiscales obtuvieron una nota de 698 puntos, mayor en nueve puntos en comparación al periodo 2021-2022; y los estudiantes de instituciones particulares lograron 704 puntos, que fue alto en un punto en relación al logrado en el 2021-2022. Esto evidencia notables diferencias entre las instituciones públicas y particulares, en términos de infraestructura, acceso a materiales educativos, formación docente, e incluso aspectos que recaen en la motivación y expectativas de los estudiantes.

Otra componente importante de evaluación son los estándares de aprendizaje³, los resultados del INEVAL en la codificación E.CN.Q.5.10 para Química. Se determinó que en el periodo 2022-2023 el 45.0% de los participantes se encuentra en el desempeño elemental en comparación con el periodo 2021-2022, en que tan solo el 42.1% de ellos se encontraron dentro de esa categoría y el 40.6% necesitó refuerzo.

Esta iniciativa centra su atención en comparar las diferencias en el desempeño y habilidades entre estudiantes de ambos sostenimientos en cuanto a las habilidades matemáticas para resolver problemas estequiométricos. La pertinencia de este estudio comparativo resulta interesante porque, aunque ambos tipos de instituciones comparten objetivos educativos, los mismos lineamientos propuestos por el Ministerio de Educación. Sin embargo, las condiciones sociales, pedagógicas y recursos disponibles pueden influir de manera significativa en el aprendizaje y la comprensión de los contenidos.

Cabe indicar, que este artículo es resultado de una investigación tipo cuantitativa que se desarrolla con estudiantes de una institución educativa particular y una pública, la cual plantea, conocer las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en los

² Se refiere al sustento que una institución cubre para cumplir con una educación de calidad, referente a la incorporación de nuevas tecnologías, infraestructura que es independiente de la institución

³ Son descripciones de los logros de aprendizaje que los estudiantes deben alcanzar a lo largo de la trayectoria escolar.

estudiantes, para identificar factores conceptuales y procedimentales que influyen en el aprendizaje química. En consecuencia, las líneas específicas buscaron: 1) Determinar la capacidad de los estudiantes para resolver problemas estequiométricos; 2) Identificar los conceptos que los estudiantes no comprenden al abordar problemas estequiométricos; 3) Detectar las dificultades operativas que enfrentan los estudiantes al resolver problemas estequiométricos. La hipótesis plantea: Los conocimientos sobre estequiometría de los estudiantes de la institución particular superan a los conocimientos de los estudiantes de la institución fiscal que reciben Química.

MÉTODO Y MATERIALES

El estudio se orientó dentro del enfoque cuantitativo de tipo comparativo, interpretativo transversal, bibliográfico y de campo y se desarrolló bajo diseño no experimental (Torero et al., 2023). Pues la investigación se centró en analizar y comparar las habilidades y dificultades en las operaciones matemáticas, comparando los resultados de los estudiantes de la institución particular y fiscal.

La investigación se centró en los estudiantes del segundo año del Bachillerato General Unificado (BGU) de la asignatura Química II –dentro de sus contenidos esta estequiometria–. Participaron 90 estudiantes, la misma que estuvo conformada por 43 alumnos de una institución educativa fiscal (pública), ubicada en cantón Chambo y 47 estudiantes de una institución particular, ubicada en la ciudad de Riobamba, se utilizó el muestreo no probabilístico censal –es decir, toda la población es la muestra–, la selección no se delimitó a criterios de inclusión-exclusión; más bien se trabajó con los grupos intactos.

Se administró un examen de conocimientos con diferentes situaciones con el propósito de entender los problemas de resolución de ejercicios estequiométricos. Se elabora una prueba estructurada por nueve preguntas, constituida por niveles de complejidad básico (Figura 1A), intermedio (Figura 1B) y avanzado (Figura 1C), que permitió conocer aspectos centrales en las falencias con respecto a las soluciones de los ejercicios. Con respecto a la calidad y claridad de las preguntas, se pidió la ayuda de un experto universitario, la coordinadora del área de Ciencias Naturales de la institución particular, y del análisis estadístico. Ambos expertos llegaron a que las preguntas fueron óptimas y pertinentes y el estadístico de Cronbach (α de Cronbach = 0,829, 9 elementos) presentó una fiabilidad buena. A continuación, se describen dichos ejemplos:

- FP1: Las primeras 3 involucraron conversiones fáciles que requerían de un solo paso y como máximo dos conversiones para llegar a la respuesta. También integraron cálculo de masas moleculares, simbología de reacciones, formación de compuestos, igualación de ecuaciones;
- FP2: Para las 3 siguientes se incorporaron conversiones de mol-mol, gramo-gramo, gramo-mol; pureza, densidad, interpretación del lenguaje a ecuaciones químicas, rendimiento porcentual, reactivo limitante y exceso y temas abordados en FP1.
- En últimas 3 se incorporaron temas de disoluciones, gases, específicamente ecuación general, además de recapitular tópicos anteriormente descritos en EP1 y EP2.

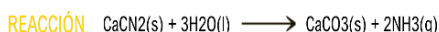
En cada uno de los problemas propuestos en la prueba se estableció un semáforo de colores con la intención de que el estudiante señalara si conocía toda la solución o si escribió algunos pasos para llegar a las respuestas o no entendía por completo la resolución.

Figura 1

Ejemplos de ejercicios propuestos en el instrumento

COMPLEJIDAD: BÁSICO

Cianamida de calcio reacciona con agua para formar carbonato de calcio y amoníaco.



a. ¿Cuántos gramos de agua se necesitan para reaccionar con 75,0 g de CaCN₂?

Fue muy fácil.

b. ¿Cuántos gramos de NH₃ se producen a partir de 5,24 g de CaCN₂?

Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré.

Me resultó difícil, pero entendí una parte.

c. ¿Cuántos gramos de CaCO₃ se forman si reaccionan 155 g de agua?

No lo entendí en absoluto.

A: ejercicio de complejidad Básico

COMPLEJIDAD: INTERMEDIO

Introducimos en un matraz 30 gramos de aluminio del 95% en masa de pureza y se añaden 100 ml de ácido clorhídrico comercial de densidad 1,170 g/ml y del 35% de pureza en masa.

El aluminio reacciona con el cloruro de hidrógeno para formar tricloruro de aluminio e hidrógeno gaseoso.

1. Escriba la ecuación química balanceada
2. Demuestra cuál es el reactivo limitante.
3. Calcula la masa de tricloruro de aluminio que se obtiene.
4. Que masa de reactivo en exceso queda al final de la reacción
5. ¿Cuál es el % de rendimiento, si experimentalmente se obtuvieron 10.1 g

Fue muy fácil.

Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré.

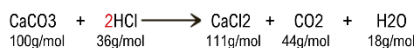
Me resultó difícil, pero entendí una parte.

No lo entendí en absoluto.

B: Ejercicio de complejidad intermedio

COMPLEJIDAD: AVANZADO

Atacamos carbonato de Calcio de 20.0 g y un 80% de pureza con 60,0 ml de una disolución 5,00 M de HCl. Calcular el volumen de hidrógeno que se libera a 25°C y 0,95 atmósferas.



Fue muy fácil.

Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré.

Me resultó difícil, pero entendí una parte.

No lo entendí en absoluto.

C: Ejercicio de complejidad avanzado

Para el análisis y la presentación de los resultados se utilizaron gráficas de barras comparativo para determinar cuestiones presentes en ambos grupos; de la misma manera se gestionaron gráficas estadísticas procesadas en IBM SPSS *Statistics* V27, Excel y Rstudio en las que se determinó mediante estadísticas inferenciales, prueba de confiabilidad de los instrumentos, normalidad, prueba de hipótesis. En la verificación de la hipótesis se utilizó de prueba paramétrica t *Student* para muestras independientes (ecuación 1), pues se utilizó con la finalidad de comparar las medias de dos grupos de casos (Guillen et al., 2019).

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad [1]$$

Nota. Donde la simbología M1 y M2: Medias de ambos grupos; S: Desviación típica; n: Número de casos.

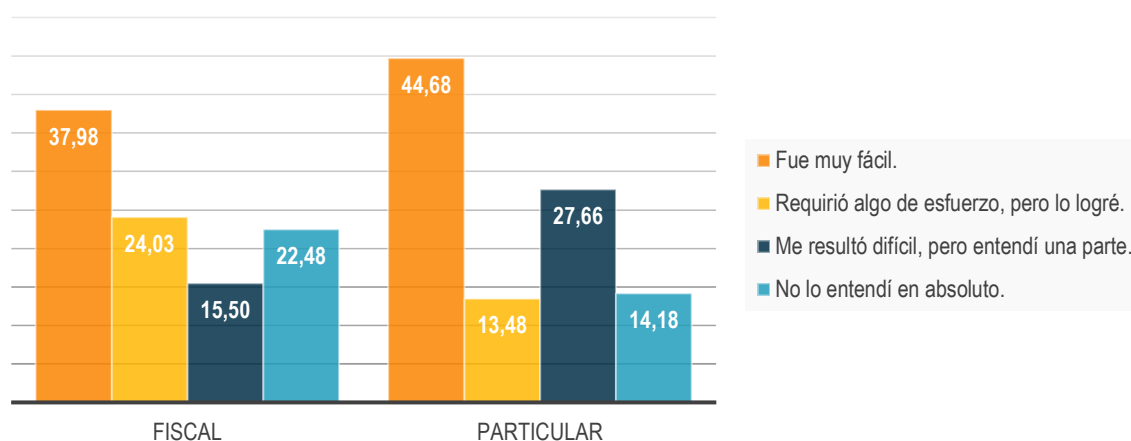
En cuanto a los aspectos éticos dentro del campo de las Ciencias Sociales, se informó a los participantes sobre el procedimiento a seguir y se socializó el consentimiento informado mediante un formulario, en el cual los representantes autorizaron la participación de sus representados en el estudio, así como la difusión de los resultados obtenidos y garantizando el cumplimiento de los principios de confidencialidad y anonimato. Por su parte, las autoridades de las instituciones sugirieron que no revele el nombre de la institución, con el fin de evitar posibles repercusiones relacionadas con la calidad de su enseñanza, cláusula para que los datos fueran expuestos.

RESULTADOS

Resultados de la complejidad procedimental en Química

Figura 2

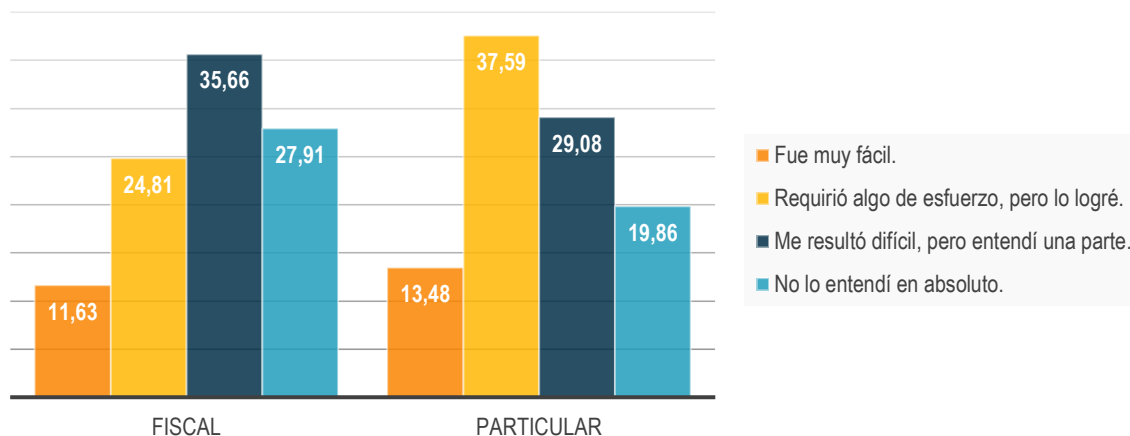
Operaciones estequiométricas con complejidad básica



En cuanto a las preguntas de nivel de complejidad básico (Figura 2), los estudiantes de la institución particular arrojan resultados contundentes: el 44,68% les resultó muy fácil; seguido por el 27,66% quienes indicaron que fue difícil, pero entendieron algunas partes; y un bajo porcentaje, 14,18%, mostró no entenderlas en absoluto. Respecto a los estudiantes de la institución privada, el 37,98% señalaron que les resultó fácil, otros requirieron de algún esfuerzo, pero lo lograron (24,03%) y otros no entendieron en absoluto el ejercicio (22,48%).

Figura 3

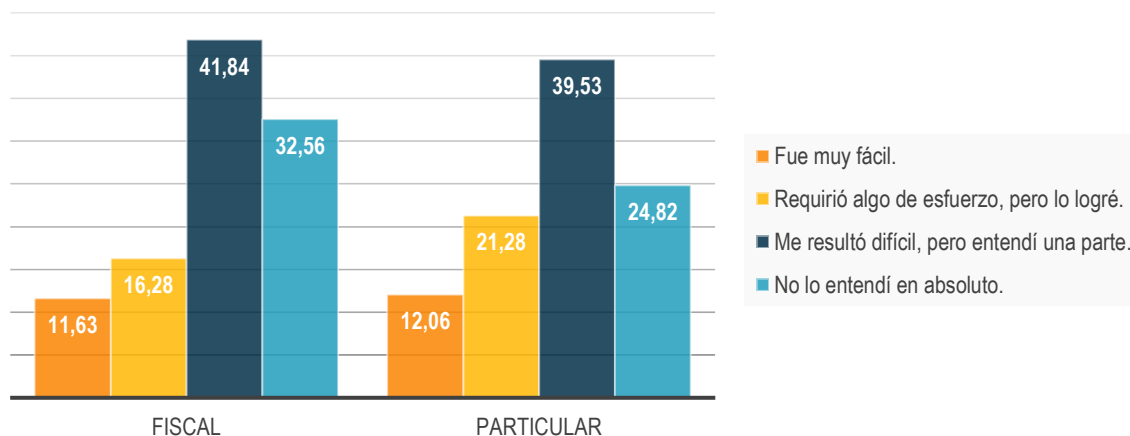
Operaciones estequiométricas con complejidad intermedia



En cuanto a las preguntas de nivel de complejidad básico (Figura 2), los estudiantes de la institución particular arrojan resultados contundentes: el 44,68% les resultó muy fácil; seguido por el 27,66% quienes indicaron que fue difícil, pero entendieron algunas partes; y un bajo porcentaje, 14,18%, mostró no entenderlas en absoluto. Respecto a los estudiantes de la institución privada, el 37,98% señalaron que les resultó fácil, otros requirieron de algún esfuerzo, pero lo lograron (24,03%) y otros no entendieron en absoluto el ejercicio (22,48%).

Figura 4

Operaciones estequiométricas con complejidad avanzada



Respecto a los ejercicios de complejidad avanzada, los estudiantes de institución pública mostraron altos participantes (32,56%) que no entendieron cómo resolverlos con relación al 24.82% de la institución pública. Además, se evidencia que el 41,84% de los estudiantes resolvieron partes del ejercicio en comparación con el 39,53% de los estudiantes, lo que refleja que los estudiantes de la institución particular tienen mejores resultados pero significativos

Dificultades estequiométricas en estudiantes de bachillerato

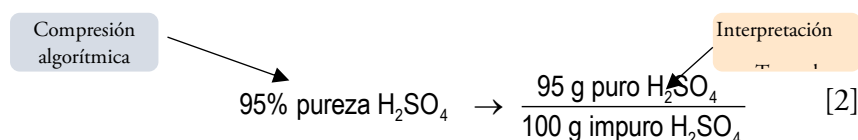
Los estudiantes en sus respuestas mostraron ciertas inquietudes en los ejercicios planteados; la complejidad de las preguntas, permitieron entender qué datos no podían encontrar para avanzar en la solución de cada pregunta. El análisis determinó un bajo dominio conceptual y

procedimental: conversión de unidades básicas, masa (g, Kg, mol), volumen (mL, L, cc), temperatura (°K, °C, °F), precisión (Pa, lb/pulg², mmHg, Torr), etc., interpretación de coeficientes estequiométricos: relación entre masa, moles, gramos y número de partículas; no lograron interpretar datos agrupados que ayuden agilizar la resolución (ecuación 2) lo que evidencia poco razonamiento matemático, aunque algunos aplicaron fórmulas, que también es correcto en ciertos casos.

También la falta de orden al organizar pasos para llegar a la solución. Esto indica posibles faltas de estrategias de resolución, pues estas carencias pueden estar relacionadas con el nivel de profundidad en que se abordan estos temas en clase, la metodología empleada, o incluso las dudas si se realizó correctamente la operación o el resultado.

No obstante, pocos lograron encontrar las masas moleculares en reactivos y productos, con respecto a la igualación de ecuaciones se evidencio problemas específicamente en el balanceo algebraico, redox y ion electrón (no reconocen al oxidante y reductor, determinación del número de oxidación de pérdida o ganancia). Reflejaron en su desarrollo un mal manejo de las reglas de tres en las relaciones estequiométricas, en cuanto a la traducción de la forma literal a la forma matemática (Acido dicrómico = H₂Cr₂O₇) pocos lograron hacerlo; en algunos casos no identificaron el reactivo limitante y exceso; determinaron el tipo de reacción –simple, descomposición, combustión, etc.–

Pocos estudiantes lograron entender a que hace la referencia de pureza en el problema, y como se determina el rendimiento porcentual de una rección Química, cuanto de reactivo en exceso queda sin reaccionar. Además, qué relación guarda la presión, el volumen la temperatura al momento de interpretar la resolución del ejercicio y el papel de las concentraciones y densidades en determinados procesos.



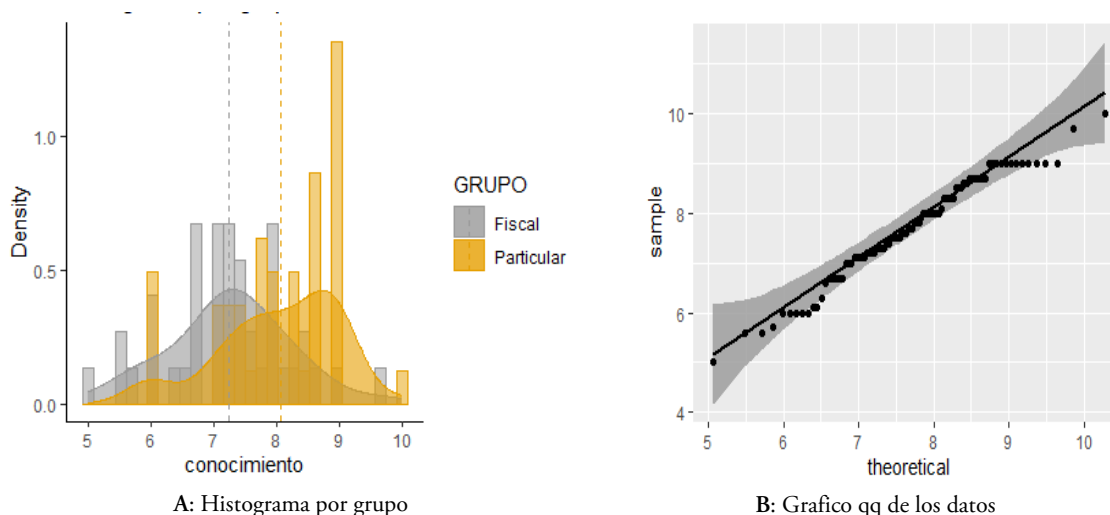
Resultado de prueba de hipótesis

Normalidad

Lectura del p-valor: se utilizó la prueba de Kolmogórov-Smirnov (mayor a 50 datos) donde los supuestos son: si p-valor ≥ 0.05 , aceptar la H₀; los datos se aproximan a la distribución normal; por el contrario, si el p-valor < 0.05 , aceptar la H₁, la cual indica que los datos no se aproximan a la distribución normal.

Figura 5

Informe y visualización de la prueba de normalidad



Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov) normality test

```
data: Residuos$`Prueba de conocimiento`
D = 0.077487, p-value = 0.2023
```

C: Prueba Kolmogórov-Smirnov

En la Figura 5C se obtuvo un valor de significancia de $0.2023 > 0.05$; mientras en la Figura 5A el histograma para ambos grupos forma la curva de campana y por último en la Figura 5B los datos se ajustan a las bandas. Se asume estadísticamente y visual que la distribución es normal en ambos casos rechazando la hipótesis alternativa, debido a esto se optó por utilizar una prueba de tipo paramétrica para comparar las diferencias en los promedios.

Figura 6

Estadístico de Bartlett

Bartlett test of homogeneity of variances

```
data: Prueba de conocimiento by GRUPO
Bartlett's K-squared = 0.041698, df = 1, p-value = 0.8382
```

También se utilizó la prueba de Bartlett (Figura 6) para determinar si las varianzas entre los grupos son idénticas o no. La prueba plantea comprobar las siguientes hipótesis: $H_0 = \sigma^2 \neq \sigma^2$ (varianzas no idénticas); $H_1 = \sigma^2 = \sigma^2$ (varianzas idénticas). El estadístico mostró $\chi^2(1) = 0.0416$; $p > .838$ que las varianzas fueron idénticas en los grupos, rechazando de esta manera la hipótesis nula. Ante esto se utilizó la prueba t para dos muestras con varianzas iguales. Posterior a esto datos obtenidos fueron procesados en una plantilla de Excel (Figura 7) obtenida de [YouTube](#).

Figura 7

Prueba t student de conocimientos estequiométricos por institución

PRUEBA DE HIPÓTESIS

t de Student muestras independientes

$H_0: \mu_1 = \mu_2$

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Estadístico de prueba

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

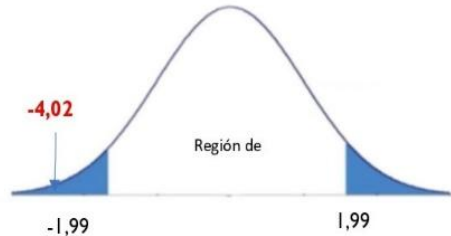
$\bar{X}_1 = 7,25$
 $\bar{X}_2 = 8,06$
 $t = -4,0229$

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

$n_1 = 43$ $S_1^2 = 0,941$
 $n_2 = 47$ $S_2^2 = 0,885$
 $S_c^2 = 0,912$

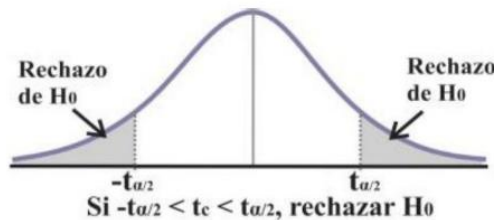
Análisis Gráfico

Valor crítico: $gl = (n_1+n_2-2) = 88$
 $\alpha = 0,05$ 5%
 $t_{(1-\frac{\alpha}{2}), (n_1+n_2-2)} = 1,9873$
 p-valor = 0,0001



Decisión: Se rechaza la hipótesis Nula

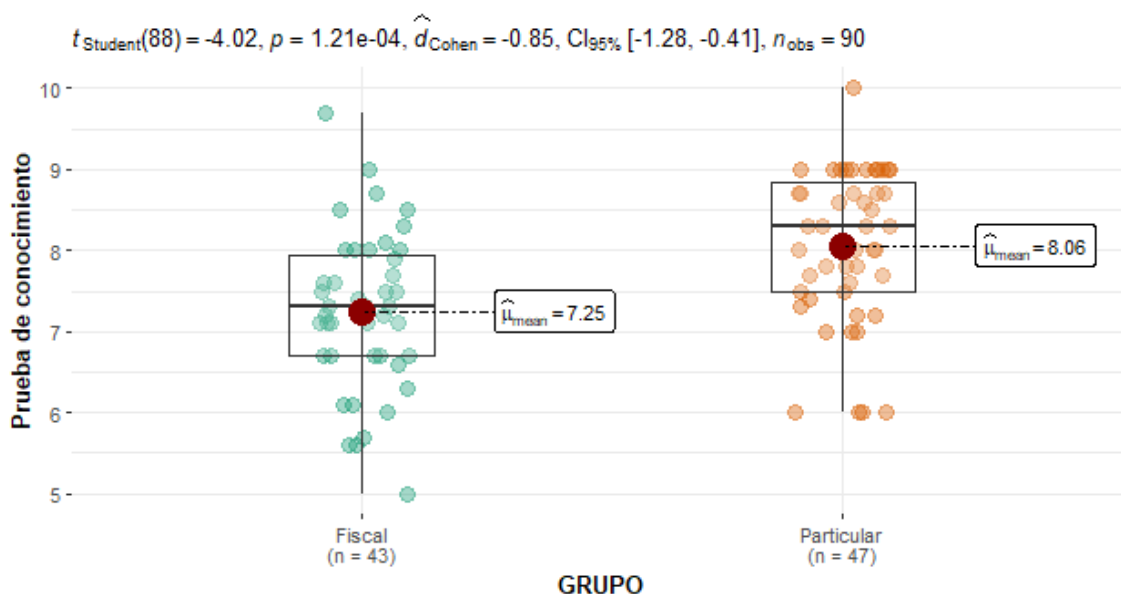
Decisión Gráfica :



Criterio de decisión: Si la probabilidad obtenida, valor de significancia, es mayor o igual a $5\% = 0.05$, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alternativa. En cambio, si el valor de significancia $>$ es menor a $5\% = 0.05$, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

Figura 8

Resumen del reporte y visualización de las medias por grupo de institución



El reporte de la Figura 6 y el resumen de la Figura 7 muestran que los conocimientos acerca de estequiometría fueron superiores en los estudiantes de la institución particular (Media = 8,06; DE = 0,941) con relación a los estudiantes de la institución pública (Media = 7,25; DE = 0,885) $t(88) = 4.02, p < .001, d = 0.85$ (95% CI = [1.28, 0.41]). Esto significa que los estudiantes de la institución particular alcanzaron un puntaje significativo de 0,81 mayor de calificación en el promedio, en comparación a los estudiantes de la institución pública. Una prueba t rechazó la hipótesis nula y aceptó la alternativa, la cual menciona que los conocimientos sobre estequiometría de los estudiantes de la institución particular superan a los conocimientos de los estudiantes de la institución fiscal ($p = < 0.05$)

DISCUSIÓN

Los resultados en esta investigación determinaron que los estudiantes de segundo año de bachillerato de la institución particular poseen conocimientos esenciales al momento de resolver un ejercicio estequiométrico en comparación a los estudiantes de la institución fiscal. Sin embargo, ambos no lograron responder de manera correcta las interrogantes planteadas en cada problema.

Los resultados se relacionan a lo explicado por Sánchez (2020), quien indica que la Química contiene un alto lenguaje simbólico, conceptual, estructural y abstracto, lo que cuesta entenderla debido a que integra una percepción desde el plano microscópico hasta el macroscópico, lo cual la hace una ciencia con alta complejidad en su proceso de aprendizaje.

Al identificar si los estudiantes son capaces de resolver un problema estequiométrico de manera efectiva, esta investigación muestra que, dependiendo de su complejidad en el nivel básico, ambos alcanzaron a resolverlos; en la parte elemental hubo fragmentos poco entendibles, pero llegaron a la resolución del ejercicio; y en cuanto al nivel avanzado, se evidenció que los estudiantes de la institución particular presentaron menores errores. Sin embargo, dejaron huecos en pasos matemáticos específicos para continuar con la resolución.

Entre los hallazgos encontrados fue reconocer que la estequiometría es un núcleo complejo por la cantidad de conceptos y habilidades matemáticas que necesita que el estudiante tenga

y un alto grado de análisis lógico-matemático, lo que hace que su comprensión sea difícil, cansada, frustrante y aburrida, convirtiéndola en factor desmotivante para ellos, llevando a un aprendizaje memorístico o mecánico agravado por su falta de correlación entre el empirismo, el contexto y la cotidianidad (Alvarez, 2011).

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente, se interpreta que los ejercicios estequiométricos deben estar articulados con las definiciones de los conceptos, su interpretación y su aplicación en la vida cotidiana. Las afirmaciones realizadas se evidencian en las falencias en los procesos de análisis lógico-matemático de las respuestas expuestas en las pruebas, habilidad importante en el desarrollo de competencias.

Además de inquietudes que fueron expuestas verbalmente en el aula de clases, evidenciando conjeturas a la hora de resolver el ejercicio. Esto demostró lo antes observado por Vera-Monroy et al. (2022), que “identificar errores es un proceso cognitivo de alto impacto que facilita analizar las dificultades para luego no cometerlos; lo anterior sugiere que es importante proporcionar un feedback en donde los estudiantes autoevalúen y comenten los errores cometidos” (p.179).

Este es corroborable con los resultados de Raviolo (2019), quien menciona que muchos estudiantes no cuentan con los conceptos matemáticos requeridos para la correcta realización de los cálculos estequiométricos, no diferencian conceptos esenciales para la actividad estequiométrica, no saben igualar ecuaciones químicas; pocos logran escribir fórmulas, símbolos, estados de oxidación, determinar el estado en el que se encuentra sólido, líquido, gas, acuoso; debido a esto, el tema presenta un alto índice de reprobados.

Con respecto a los objetivos específicos 2 y 3 los resultados reflejaron que hubo confusiones al identificar quien es el reactivo limitante y exceso, no utilizaron el porcentaje de pureza que afectó el resultado, equivocación entre densidad y concentración a con respecto a las unidades pues la densidad de una disolución indica la relación entre la masa disolución/volumen disolución mientras la otra hace relación entre la masa/volumen de disolución; al momento de representar la simbología del compuesto de forma literal, equivocación en la simbología (Arsénico, As; Argón, Ar) y no expresar el correcto estado de oxidación en los elementos que tienen oxidación variable, mal lectura de los coeficientes y subíndices que afectó el cálculo de las masas molares, optaron por utilizar reglas de tres, que requirió de muchos pasos, quitando tiempo para las demás preguntas, lo más recomendable fue utilizar el método de escalera debido a que se establecen relaciones estequiométricas eficiente y el proceso de resolución funciona de forma lateral sin muchos pasos.

Entender un problema estequiométrico denota obstáculos en aspectos conceptuales y procedimentales, lo que dificulta el análisis, la interpretación y el procesamiento de la información. Según Ferrera et al. (2018), las ciencias y, en especial, la Química utilizan un lenguaje verbal con un vocabulario complejo que resulta difícil para quienes inicialmente la aprenden.

Con referencia al último objetivo específico, en la comparación aclaro que los conocimientos en la resolución de operaciones estequiométricas fueron significativos, dejando en constancia estadística que los estudiantes de la institución particular presentan mejores resultados que se encuentran asociados a las características de “los profesores, los recursos didácticos, el número de estudiantes, la infraestructura educativa, el tipo de colegio y los niveles de gasto en

educación” (Aristizábal et al., 2020, p. 12). Sin embargo, esto no quiere menospreciar la calidad educativa para las instituciones fiscales; de hecho, los estudiantes que asisten a las instituciones públicas tienden a obtener igual rendimiento escolar (Rojas, 2024).

Lo relevante de este estudio es que se constituye un valioso aporte al cuerpo de conocimientos existente sobre las dificultades en la enseñanza y aprendizaje en las clases de química. Los resultados obtenidos determinaron deficiencias en ambos sistemas educativos, concentrando el potencial los estudiantes de la institución particular por presentar resultados significativos en lo que respecta al aprendizaje de estequiometría.

Por ello se busca implementar estrategias pedagógicas que fortalezcan tanto la comprensión conceptual como las habilidades matemáticas de los estudiantes en este tema. Por ejemplo, el uso de ejercicios guiados y el apoyo de las TIC podrían contribuir a mejorar su desempeño en estequiometría en ambos casos, por lo cual, para sistematizar estos contenidos, se debe ir a la búsqueda de alternativas donde el estudiante sienta la necesidad de aprender y aplicar correctamente lo que aprende (Canjongo et al., 2022).

A pesar de los resultados significativos, en este estudio la principal limitación fue la muestra, pues únicamente se analizó a un curso por cada una institución pública y una particular, lo que reduce la generalización de los resultados, lo cual no podría reflejar la variabilidad en los contextos educativos. Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar la muestra debido a que muchas instituciones cuentan con más de un curso para determinar si realmente la comparación es significativa, realizar estudios longitudinales, comparar metodologías y estrategias de enseñanza, pues muchos aprendemos de formas diferentes.

CONCLUSIONES

Se corrobora que la enseñanza de estequiometría es compleja de aprender y tiene consecuencias para los estudiantes de ambas instituciones, por falta de dominio conceptual y procedimental, que recae en el mal balanceo de ecuaciones químicas, la construcción de compuestos, estado de oxidación, nomenclatura, conversión entre unidades químicas como gramos, moles y partículas y las relaciones molares y que están derivadas por la falta de práctica suficiente y de una enseñanza que no enfatiza la relación entre los conceptos conceptuales y aplicaciones prácticas y procedimentales.

Al ratificar si los conocimientos sobre estequiometría de los estudiantes de la institución particular superan a los conocimientos de los estudiantes de la institución fiscal, el estadístico t evidenció que existe diferencia estadísticamente significativa entre las medias de calificación. Pese a esto, se evidenció que ambos grupos mostraron casos particulares relacionados al desarrollo de los ejercicios. Sin embargo, los estudiantes de instituciones particulares tienden a tener un mejor dominio de los conceptos y comprensión en la resolución de operaciones estequiométricas, debido a factores relacionados con la calidad de enseñanza. Por otro lado, los estudiantes de instituciones fiscales enfrentan mayores retos, posiblemente asociados por el interés de aprender u otros, lo que afecta negativamente su desempeño.

En síntesis, se observa que, para mejorar el desempeño en estequiometría, es necesario reforzar los conceptos básicos, proporcionar más ejercicios prácticos y adaptar las estrategias

pedagógicas según las necesidades de cada tipo de institución y potenciar los contenidos conceptuales y procedimentales relacionados a estequiometría.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

El autor declara no tener conflictos de interés

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, G. A. (2011). Símbolos, fórmulas, imágenes y palabras: Sus implicaciones en la enseñanza y el aprendizaje de la estequiometría: estudio de caso en grado x de la Institución Educativa Barrio Santa Margarita del Municipio de Medellín [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9071>
- Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F., y Lonjers, S. (2004). Using Knowledge Space Theory To Assess Student Understanding of Stoichiometry. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1517. <https://doi.org/10.1021/ed081p1517>
- Aristizábal, G. C., Rosero, M. D., y Tobar Bedoya, J. (2020). ¿Por qué los colegios privados en Colombia obtienen mejores resultados académicos? *Revista Lumen Gentium*, 3(1), 9–31. <https://doi.org/10.52525/lg.v3n1a1>
- Canjongo, E. P., González, W., y Becalli, L. H. (2022). La enseñanza-aprendizaje de la simbología química como parte del lenguaje químico en la Escuela Superior Pedagógica de Bié (ESPB). *Educación Química*, 33(2), 37. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.76864>
- Chang, R., Goldsby, K. A., Álvarez, R., y Ponce, S. (2016). *Química* (12a ed.). McGraw Hill.
- Chonillo-Sisema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z., y Sánchez-Solórzano, J. (2024). Dificultades en el aprendizaje de química en el bachillerato, desde la opinión del alumnado y algunas alternativas para superarlas. *Revista Innova Educación*, 6(1), 71–88. <https://doi.org/10.35622/j.rie.2024.01.005>
- Ferrera, T. I., Méndez, N. T., y Sosa, P. J. (2018). La reacción química en el bachillerato: Una propuesta didáctica. *Educación Química*, 29(4), 79. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.63474>
- Frazer, M., y Servant, D. (1987). Aspects of stoichiometry, where do students go wrong. *Education in Chemistry*, 24(3), 73–75.
- García, M. I. (2024). Química: Su importancia en la humanidad. *Con-Ciencia Boletín Científico de la Escuela Preparatoria No. 3*, 11(22), 8–12. <https://doi.org/10.29057/prepa3.v11i22.12642>
- Guillen, O. R., Cerna, B. F., Minami, R., Reyes, F., y Martínez, E. A. (2019). *Guía práctica de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos*. Biblioteca Nacional del Perú. <https://tinyurl.com/2s4kcsyn>

- Henrique, F. A. M., y Oliveira, D. G. D. B. (2021). Inter-relação matemática-química: Discutindo estequiometria no enem. *Educación Química*, 32(3), 171. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.76653>
- Huddle, P. A., y Pillay, A. E. (1996). An in-depth study of misconceptions in stoichiometry and chemical equilibrium at a South African university. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(1), 65–77. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199601\)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199601)33:1<65::AID-TEA4>3.0.CO;2-N)
- INEVAL. (2023). Informe nacional Ser Estudiante del nivel de Bachillerato. <https://tinyurl.com/j23fmmjj>
- Iturra, M. A., Mallea Lobos, J. I., Quintanilla Gatica, M. R., Chen Carrillo, Y.-Y., y Herrera Melin, A. M. (2021). Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante. *Educación Química*, 32(5), 81. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.5.78128>
- Maltés, O. H., Müller, S. C., Pastén, M. D. L., Cortés, J., Bernal, A. A., Rojas Milla, E. J., Vallejos Araya, A. A., Peralta Müller, M. A., y Pizarro Marín, C. A. (2023). Percepción sobre las actividades de aprendizaje desarrolladas en un curso de química general en pandemia. *Educación Química*, 34(4), 86–103. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.84470>
- Raviolo, A. (2019). Learning Stoichiometry with Spreadsheet Simulations. *World Journal of Chemical Education*, 7(3), Article 3. <https://doi.org/10.12691/wjce-7-3-3>
- Rojas, C. G. (2024). Incidencia del Rendimiento Académico en la Calidad Educativa en Estudiantes de Educación Básica. Caso: Escuela de Educación Básica Calicuchima, Los Ríos Ecuador. *Revista Social Fronteriza*, 4(3). [https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4\(3\)310](https://doi.org/10.59814/resofro.2024.4(3)310)
- Torero, N. Z., Suarez Vega, E., y Martel Carranza, C. P. (2023). Pequeños pasos en investigación: Un manual para iniciarse en el campo de la investigación científica (1a ed.). Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. <https://doi.org/10.35622/inudi.b.085>
- Vargas-Zúñiga, K. T., Quintero-Fierro, Y. K., y 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), 1–18. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.8075236>
- Vera-Monroy, S. P., De La Hoz, V., y Gamboa, M. C. (2022). Resolución de problemas en química: Descifrando métodos, errores, obstáculos, temáticas y aplicabilidad usando N-Vivo. *Formación Universitaria*, 15(1), 175–182. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062022000100175>
- Yarroch, W. L. (1985). Student understanding of chemical equation balancing. *Journal of Research in Science Teaching*, 22(5), 449–459. <https://doi.org/10.1002/tea.3660220507>

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.