

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

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

DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.c.03.21>

Luis Chonillo-Silema

 Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador

✉ luischonillo035@gmail.com

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

Resumen

Comprender la estequiometría requiere un sólido dominio conceptual y competencias matemáticas, debido a que se trata de un área que frecuentemente presenta mayores dificultades 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 y diseño no experimental, partió de una prueba diagnóstica estructurada en niveles de complejidad: básico, elemental y avanzado, con el propósito de identificar los errores en la resolución. Esta prueba fue validada por expertos y presentó un coeficiente α de Cronbach de 0.826. Fue aplicada a 43 estudiantes de una institución pública y 47 de una 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 determinó 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.

Palabras clave: aprendizaje, estequiometría, evaluación, habilidades, química.

Abstract

Understanding stoichiometry requires a solid conceptual foundation and mathematical skills, as it is an area that often presents greater learning difficulties. Therefore, this study aimed to identify the difficulties students face when solving stoichiometric problems, focusing on the differences in mathematical abilities between two educational institutions (private and public). The research employed a quantitative, non-experimental design and was based on a diagnostic test structured into three levels of complexity: basic, intermediate, and advanced, in order to identify errors in problem-solving. The test was validated by experts and showed a Cronbach's alpha coefficient of 0.826. It was administered to 43 students from a public institution and 47 from a private one. In both groups, deficiencies were found in the conceptual understanding of limiting and excess reagents, purity, yield, nomenclature, and procedural aspects such as equation balancing, compound construction, oxidation numbers, and conversions between units such as grams, moles, and particles; as well as numerical interpretation, molar relationships, and confusion in basic calculations, which affected subsequent problem-solving steps. However, the Student's t-test revealed that students from the private institution performed better in solving stoichiometric problems compared to 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 aimed at strengthening mathematical skills and enhancing students' conceptual and procedural understanding in chemistry.

Keywords: learning, stoichiometry, assessment, skills, chemistry.

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 nos 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 tratamientos para enfermedades, mejorar la eficiencia de 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 Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA, por sus siglas en inglés: *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 conceptos como formulación y nomenclatura de compuestos, factores de conversión, 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 & 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 & 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), evaluaron a 9084 estudiantes de la asignatura de Química y en la que participaron 315 instituciones educativas. Los resultados por tipo de sostenimiento en el periodo 2022-2023 muestran que los estudiantes de unidades fiscales obtuvieron una nota promedio de 698 puntos, nueve puntos más que en el periodo 2021-2022. Por su parte, los estudiantes de instituciones particulares alcanzaron un promedio de 704 puntos, superando en un punto el resultado del periodo anterior. Estos datos evidencian notables diferencias entre las instituciones públicas y privadas, especialmente en lo referente a infraestructura, acceso a materiales educativos, formación docente y factores relacionados con la motivación y las expectativas del estudiantado.

Otra parte importante corresponde a los estándares de aprendizaje, específicamente los resultados del INEVAL en la codificación E.CN.Q.5.10 para Química. En el periodo 2022-2023, se determinó que el 45,0% de los participantes se ubicó en el nivel de desempeño elemental, mientras que en el periodo 2021-2022 esta categoría incluía al 42,1%. Además, en ese mismo periodo, el 40,6% de los estudiantes requirió refuerzo.

Esta iniciativa centra su atención en comparar las diferencias en el desempeño y habilidades entre los estudiantes de instituciones 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, las condiciones sociales, pedagógicas y recursos disponibles pueden influir de manera significativa en el aprendizaje y la comprensión de los contenidos.

La motivación principal del estudio radica en las constantes dificultades observadas en los estudiantes al enfrentarse a problemas estequiométricos, lo que evidencia debilidades tanto en la comprensión conceptual como en el manejo de los procedimientos necesarios para resolverlos. Estas falencias afectan directamente el aprendizaje de la química, ya que la estequiometría es una competencia clave para el desarrollo del pensamiento lógico, analítico y científico. En este sentido, el objetivo del estudio fue conocer las dificultades en la resolución de problemas estequiométricos en los estudiantes, con el propósito de identificar y buscar proporcionar una base para el diseño de estrategias didácticas más efectivas que mejoren la enseñanza de la química en el nivel secundario.

METODOLOGÍA

El estudio se orientó en un enfoque cuantitativo con diseño no experimental de tipo comparativo-transversal. La metodología combinó técnicas bibliográficas y de campo, siguiendo parámetros metodológicos propuestos por Torero et al. (2023). Puesto que, la investigación se centró en analizar y comparar las habilidades y dificultades en las operaciones matemáticas, en la resolución de

problemas estequiométricos comparando los resultados de los estudiantes de la institución particular y fiscal.

La investigación se enfocó en los estudiantes del segundo año del Bachillerato General Unificado (BGU) de la asignatura Química II -dentro de sus contenidos esta estequiometría-. Participaron 90 estudiantes, la misma que estuvo conformada por 43 alumnos de una institución educativa particular, ubicada en la ciudad de Riobamba y 47 estudiantes de una institución fiscal, Ubicada en cantón Chambo, 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 comprender las dificultades en la resolución de ejercicios estequiométricos. La prueba estuvo conformada por nueve preguntas estructuradas en tres niveles de complejidad: básico (Figura 1A), intermedio (Figura 1B) y avanzado (Figura 1C). Esta permitió identificar aspectos centrales relacionados con las falencias en la resolución de ejercicios. En cuanto a la calidad y claridad de los ítems, se contó con la revisión de un experto universitario, la coordinadora del área de Ciencias Naturales de la institución particular y el apoyo de un análisis estadístico. Ambos expertos consideraron que las preguntas eran óptimas y pertinentes. Además, el coeficiente de fiabilidad de Cronbach ($\alpha = 0,829$; 9 ítems) indicó una buena consistencia interna. A continuación, se describen dichos ejemplos:

- Las tres primeras abordaron conversiones simples de uno o dos pasos, incluyendo el cálculo de masas moleculares, simbología de reacciones, formación de compuestos y balanceo de ecuaciones.
- Las siguientes tres incluyeron conversiones mol-mol, gramo-gramo y gramo-mol; también abordaron aspectos como pureza, densidad, interpretación del lenguaje químico, rendimiento porcentual, reactivo limitante y en exceso, así como contenidos de capítulos anteriores.
- Las últimas tres preguntas trataron temas de disoluciones y gases (incluida la ecuación general), y retomaron tópicos previamente abordados en la evaluación.

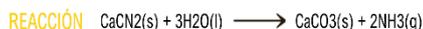
En cada uno de los problemas propuestos en la prueba se estableció un semáforo de colores con la intención de que el estudiante señalara si conocía toda la solución o si escribió algunos pasos para llegar a las respuestas o no entendía por completo la resolución.

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.
- Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré.
- Me resultó difícil, pero entendí una parte.
- No lo entendí en absoluto.

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

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

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.

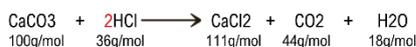
El aluminio reacciona con el cloruro de hidrógeno para formar tricloruro de aluminio e hidrógeno gaseoso.

- | | |
|--|---|
| 1. Escriba la ecuación química balanceada | <input type="radio"/> Fue muy fácil. |
| 2. Demuestra cuál es el reactivo limitante. | <input type="radio"/> Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré. |
| 3. Calcula la masa de tricloruro de aluminio que se obtiene. | <input type="radio"/> Me resultó difícil, pero entendí una parte. |
| 4. Que masa de reactivo en exceso queda al final de la reacción | <input type="radio"/> No lo entendí en absoluto. |
| 5. ¿Cuál es el % de rendimiento, si experimentalmente se obtuvieron 10.1 g | |

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 en formato de comparación 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 de 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.

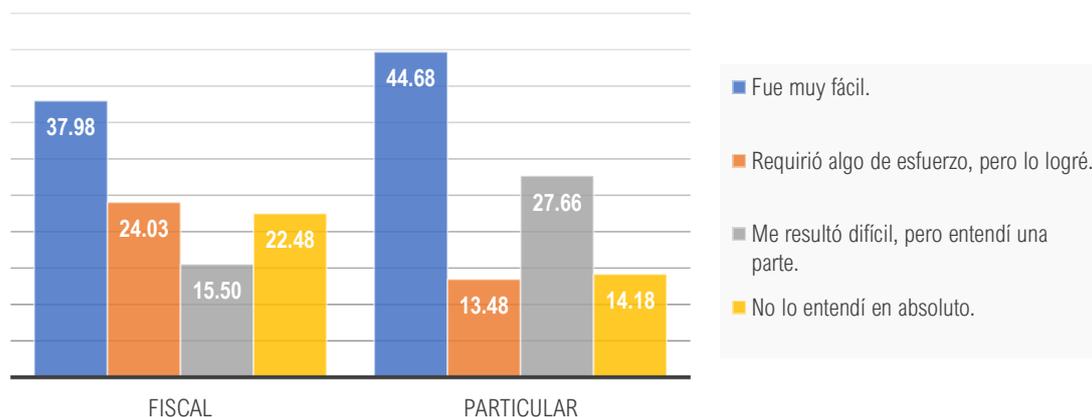
RESULTADOS

Todos los participantes (100%) mostraron ciertas inquietudes en los ejercicios planteados. En cuanto a la complejidad de las preguntas, nos permitieron entender qué datos no podían encontrar para avanzar en la solución de cada pregunta.

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 2

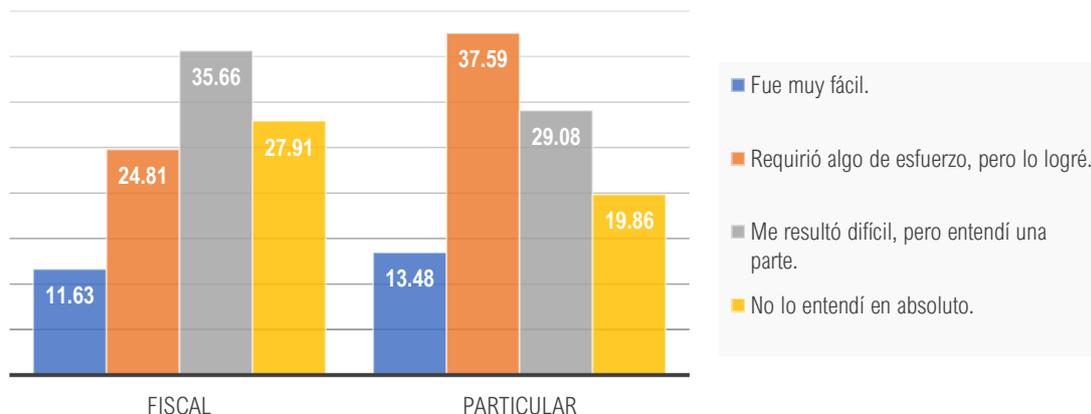
Operaciones estequiométricas con complejidad básica



En cuanto a las preguntas de complejidad intermedia, los estudiantes de la institución particular señalaron que los ejercicios requirieron de esfuerzo, pero lo lograron (37.59%) en cambio el 29.08 %, les resultó difícil, pero entendieron ciertas partes; y el 19.86 % restante, no lograron entenderla. En el caso de los estudiantes la institución pública, el 35.66 % les resultó difícil, pero hubo conjeturas en sus respuestas; y el 27.91% en las respuestas evidenció no entenderlas lo que se observó en hojas en blanco.

Figura 3

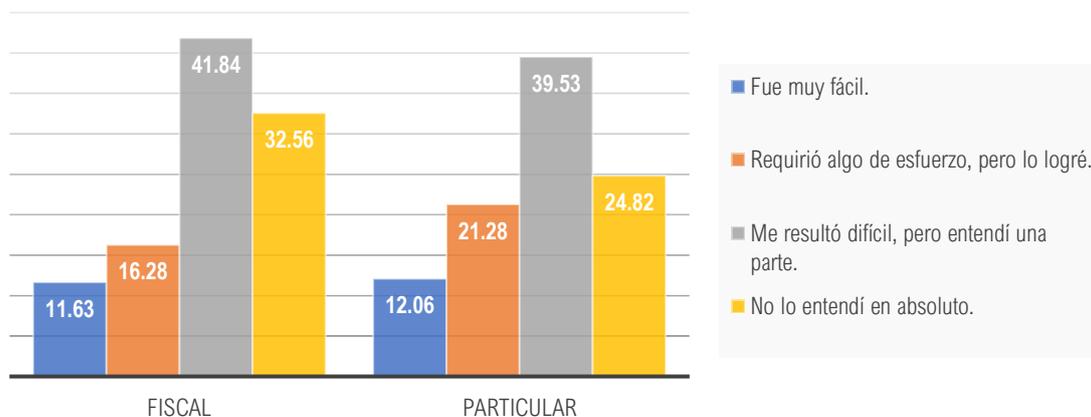
Operaciones estequiométricas con complejidad intermedia



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.

Figura 4

Operaciones estequiométricas con complejidad avanzada



El análisis determinó que muchos de ellos no lograron establecer relaciones molares en las ecuaciones químicas y la utilización de conceptos para resolver los problemas planteados. Esto pudo deberse a la insuficiente comprensión de conceptos previos, como la conversión de unidades, la interpretación de coeficientes estequiométricos, o la relación entre masa, moles y número de partículas; interpretación de datos agrupados que ayudan a agilizar procesos (ecuación 2), también es importante que en algunos casos los estudiantes aplicaron fórmulas, que también es correcto.

También, se observó que no pudieron estructurar los pasos necesarios para llegar a la solución, aunque pocos lo hicieron. Esto indica una posible falta de

estrategias de resolución de problemas o de razonamiento lógico aplicado pues estas carencias pueden estar relacionadas con el nivel de profundidad en que se abordan estos temas en clase, la metodología empleada, o incluso dudas si se realizó correctamente la operación y el resultado es correcto.

Además pocos lograron encontrar las masas moleculares de los compuestos participantes, igualaron las ecuaciones químicas aplicando los más observados fueron tanteo, redox y algebraico, aplicaron reglas de tres con relaciones estequiométricas para agilizar pasos, en cuanto a la traducción de la forma literal a la ecuación pocos lo lograron hacer, escribieron la simbología correctamente y asumir quien es el reactivo limitante y exceso; identificaron que tipo de reacción es simple, descomposición, redox, etc.

También entendieron a que hace referencia de pureza en el problema, y como se comprueba el rendimiento porcentual del ejercicio, 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.

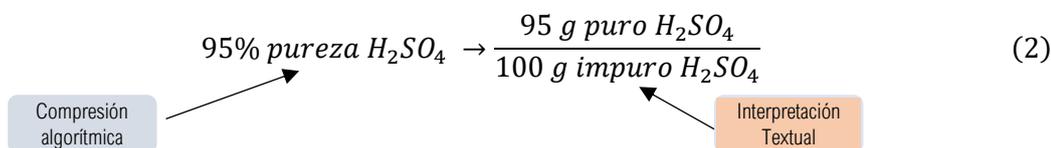


Figura 5

Informe y visualización de la prueba de normalidad

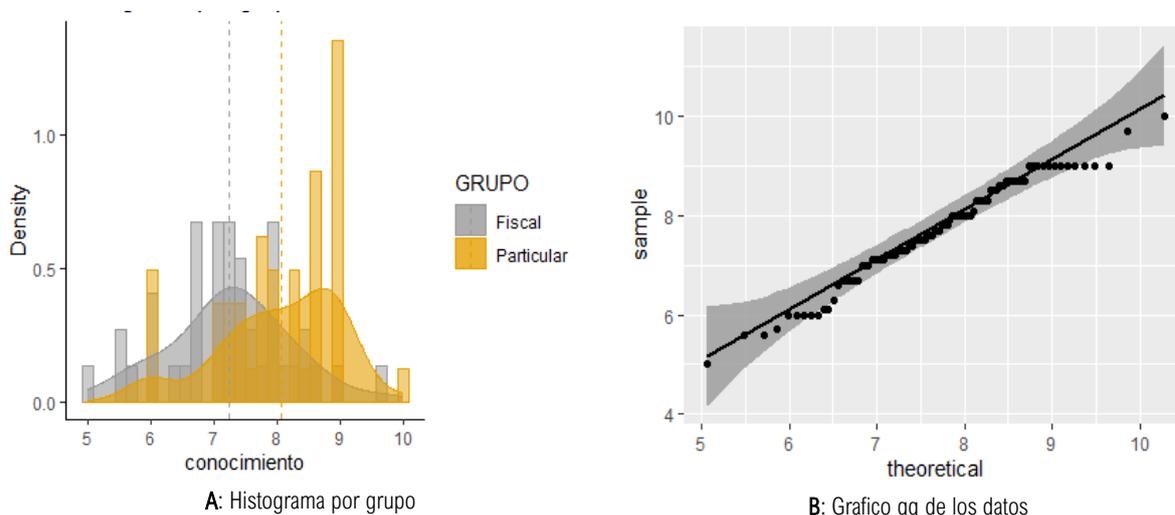


Tabla 1

Prueba Kolmogórov-Smirnov

Variable	Estadístico D	p-valor
Prueba de conocimiento	0.078	0.2023

En la Tabla 1 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.

Tabla 2

Prueba de Bartlett

Prueba	Estadístico K2	G1	p-valor
Bartlett (Prueba de conocimiento por GRUPO)	0.042	1	0.838

También se utilizó la prueba de Bartlett (Tabla 2) para determinar si las varianzas entre los grupos son idénticas o no. Para ello, la prueba plantea comprobar las siguientes hipótesis: $H_0 = \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ (varianzas no idénticas); $H_1 = \sigma_1^2 = \sigma_2^2$ (varianzas idénticas). El estadístico mostró $\chi^2(1) = 0.0416$; $p > 0.838$ 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 suponiendo varianzas iguales. Posterior a esto datos obtenidos fueron procesados en el software Excel (Figura 6).

Tabla 3

Estadístico descriptivo de los datos

Parametro	Grupo 1	Grupo 2	Total/Valor calculado
Tamaño de muestra (n)	43	47	90
Media (x)	7,25	8,06	-
Varianza (S ²)	0,941	0,885	-
Varianza combinada (S ² c)	.	-	0,912

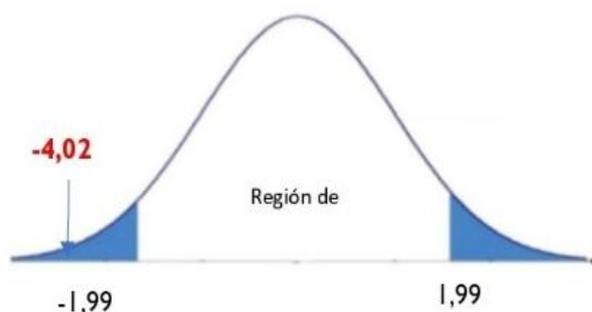
Tabla 4

Prueba t de student de conocimientos estequiométricos por institución

Estadísticos de prueba	Valor
Diferencia de medias	-0.81
Estadístico t calculado (t)	-4.0229
Grados de libertad (gl = n ₁ + n ₂ - 2)	88
Nivel de significancia (α)	0.05 (5%)
Valor crítico (±tα/2)	±1.9873
p-valor	0.0001
Decisión	Se rechaza H ₀
Interpretación	Diferencia significativa

Figura 6

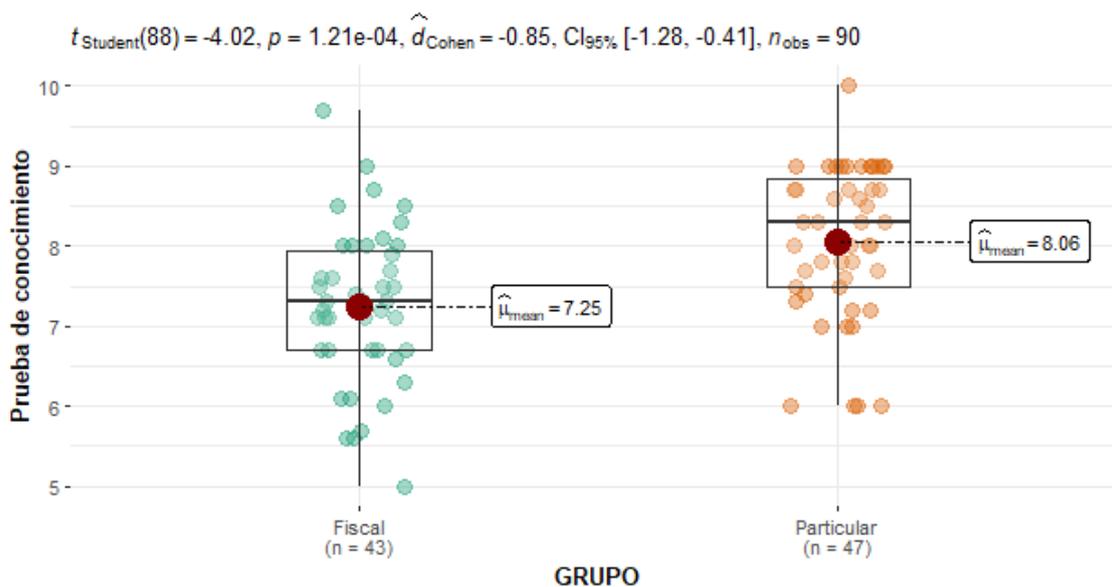
Análisis gráfico de la prueba t de student



Los resultados de la prueba t de student indicaron la presencia de diferentes estadísticamente significativas ($t = -4.02$, p -valor < 0.05), ya que el valor del estadístico superó los límites críticos bilaterales de ± 1.99 , ubicándose en la región de rechazo de la hipótesis nula. Esto sugiere una discrepancia relevante entre los grupos comparados (o entre la media muestral y el valor de referencia, según el diseño del estudio). La magnitud del estadístico ($t = -4.02$) refleja un efecto considerable, respaldando no solo la significación estadística, sino también la relevancia clínica o práctica de los hallazgos. Para futuras investigaciones, se recomienda completar estos resultados con el cálculo del tamaño del efecto y una discusión detallada sobre las implicaciones en el contexto de la enfermería en salud mental.

Figura 7

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



El reporte de las Tablas 3 y 4, la Figura 6 y el resumen de la Figura 7 muestran que los conocimientos sobre estequiometría fueron superiores en los estudiantes de la institución particular (Media = 8.06; DE = 0.941) en comparación con los de la institución pública (Media = 7.25; DE = 0.885), $t(88) = -4.0229$, $p < .001$, $d = -0.85$ (IC 95% = [-1.28, -0.41]). Esto indica que los

estudiantes de la institución particular obtuvieron, en promedio, una calificación significativamente mayor en 0.81 puntos. La prueba t permitió rechazar la hipótesis nula y aceptar la alternativa, según la cual los conocimientos sobre estequiometría de los estudiantes de la institución particular superan significativamente a los de la institución pública ($p < 0.05$).

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; esto tuvo que ver principalmente con la complejidad que afectó en cometer errores de comprensión.

Esto compartió relación con lo mencionado por Sánchez (2020), quien explica 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.

Asimismo, 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.

Comprender un problema estequiométrico implica enfrentar obstáculos tanto conceptuales como procedimentales, lo cual dificulta el análisis, la interpretación y el procesamiento de la información. Según Ferrera et al. (2018), las ciencias, y en particular la Química, emplean un lenguaje verbal con un vocabulario complejo que puede resultar difícil para quienes se inician en su estudio.

Por consiguiente, la comparación evidenció que los conocimientos en la resolución de operaciones estequiométricas fueron estadísticamente significativos, dejando constancia de que los estudiantes de la institución particular obtuvieron mejores resultados, los cuales estarían asociados a factores como “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). No obstante, esto no implica menospreciar la calidad educativa de las instituciones públicas; de hecho, estudios como el de Rojas (2024) señalan que los estudiantes que asisten a instituciones fiscales pueden alcanzar niveles de rendimiento escolar equivalentes.

Lo relevante de este estudio es que constituye un valioso aporte al cuerpo de conocimientos existente sobre las dificultades en la enseñanza y el aprendizaje en las clases de Química. Los resultados obtenidos evidenciaron deficiencias en ambos sistemas educativos, aunque el mayor potencial se concentró en los

estudiantes de la institución particular, quienes presentaron resultados significativos en el aprendizaje de la estequiometría.

En consecuencia, se plantea la necesidad de 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 el desempeño en estequiometría en ambos contextos. Para sistematizar estos contenidos, es necesario buscar alternativas que despierten en el estudiante la necesidad de aprender y aplicar correctamente lo aprendido (Canjongo et al., 2022).

A pesar de los resultados significativos, la principal limitación del estudio fue el tamaño de la muestra, ya que solo se analizó un curso en una institución pública y uno en una institución particular. Esta restricción limita la generalización de los resultados y podría no reflejar la variabilidad presente en los distintos contextos educativos. Para futuras investigaciones, se recomienda ampliar la muestra, considerando que muchas instituciones cuentan con más de un curso, a fin de determinar si la comparación resulta verdaderamente significativa. Asimismo, se sugiere realizar estudios longitudinales y comparar metodologías y estrategias de enseñanza, dado que las formas de aprendizaje pueden variar considerablemente entre los estudiantes.

CONCLUSIONES

Se corrobora que la enseñanza de la estequiometría representa una dificultad significativa para los estudiantes de ambas instituciones, ya que muchos no lograron aplicar conceptos básicos fundamentales, como el balanceo de ecuaciones químicas, la construcción de compuestos, el estado de oxidación, la nomenclatura, la conversión entre unidades químicas (gramos, moles y partículas), así como las relaciones molares. Estas dificultades se derivan de una práctica insuficiente y de una enseñanza que no enfatiza adecuadamente la conexión entre los conceptos teóricos y sus aplicaciones prácticas y procedimentales.

Al comparar los conocimientos en estequiometría entre estudiantes de la institución particular y la institución fiscal, el estadístico t de Student evidenció una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de calificación. No obstante, en ambos grupos se identificaron casos particulares que reflejan dificultades en el desarrollo de los ejercicios. Aun así, los estudiantes de la institución particular tienden a mostrar un mejor dominio conceptual y mayor comprensión en la resolución de operaciones estequiométricas, posiblemente debido a factores relacionados con la calidad de la enseñanza. Por el contrario, los estudiantes de la institución fiscal enfrentan mayores desafíos, posiblemente vinculados al nivel de interés en el aprendizaje u otros factores, lo que repercute negativamente en su desempeño.

En síntesis, se observa que, para mejorar el rendimiento en estequiometría, es fundamental reforzar los conceptos básicos, proporcionar mayor cantidad de ejercicios prácticos y adaptar las estrategias pedagógicas a las necesidades

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

específicas de cada tipo de institución, fortaleciendo tanto los contenidos conceptuales como procedimentales relacionados con esta área

Rol de contribución

Luis Chonillo-Silema: Conceptualización, análisis formal, investigación, escritura –revisión y edición, visualización, supervisión.

REFERENCIAS

- 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]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/9071>
- Arasasingham, R. D., Taagepera, M., Potter, F. & 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. & 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. & 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), 37–52. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.76864>
- Chang, R., Goldsby, K. A., Álvarez, R. & Ponce, S. (2016). *Química* (12a ed.). McGraw Hill. <https://sacaba.gob.bo/images/wsacaba/pdf/libros/quimica/Chang-QuimicaGeneral7thedicion.pdf>
- Chonillo-Sislema, L., Heredia-Gavin, D., Chayña-Apaza, J., Ramos-Pineda, Z. & 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. & Sosa, P. J. (2018). La reacción química en el bachillerato: Una propuesta didáctica. *Educación Química*, 29(4), 79–92. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.63474>
- Frazer, M. & 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. & Martínez, E. A. (2019). *Guía práctica de SPSS para diseños paramétricos y no paramétricos (1ª ed.)*. Biblioteca Nacional del Perú. <https://tinyurl.com/2s4kcsyn>
- Henrique, F. A. M. & Oliveira, D. G. D. B. (2021). Inter-relação matemática-química: Discutindo estequiometria no enem. *Educación Química*, 32(3), 171–185. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2021.3.76653>
- Huddle, P. A. & 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)
- Instituto Nacional de Evaluación Educativa. (2025). *Ser estudiante nivel bachillerato año lectivo 2023-2024 Informe Nacional de Resultados*. <https://es.scribd.com/document/854651540/Informe-Bachillerato-SEST-2023-2024>
- Iturra, M. A., Mallea, J. I., Quintanilla, M. R., Chen, Y.-Y. & Herrera, A. M. (2021). Explicaciones escolares respecto al concepto reactivo limitante. *Educación Química*, 32(5), 81–94. <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, E. J., Vallejos, A. A., Peralta, M. A. & Pizarro, 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), 168–176. <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), e43310. <https://www.revistasocialfronteriza.com/ojs/index.php/rev/article/view/310>
- Torero, N. Z., Suarez Vega, E. & Martel Carranza, C. P. (2023). *Pequeños pasos en investigación: Un manual para iniciarse en el campo de la investigación científica*. 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. & 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>

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

Vera-Monroy, S. P., De La Hoz, V. & 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>