


CAPÍTULO – 21

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, Educador

✉ 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:

- EP1¹: las primeras tres preguntas involucraron conversiones fáciles que requerían de un solo paso y, como máximo, dos conversiones para llegar a la respuesta. También integraron el cálculo de masas moleculares, la simbología de reacciones, la formación de compuestos y la igualación de ecuaciones.
- EP2: en las tres siguientes se incorporaron conversiones mol-mol, gramo-gramo y gramo-mol; además de contenidos como pureza, densidad, interpretación del lenguaje a ecuaciones químicas, rendimiento porcentual, reactivo limitante y en exceso, junto con los temas abordados en el EP1.
- EP3: en las últimas tres preguntas se incluyeron temas relacionados con disoluciones y gases, específicamente el uso de la ecuación general. Asimismo, se retomaron los tópicos previamente trabajados en los 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.

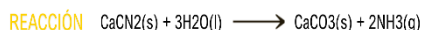
¹ EP*: Ejemplos de preguntas del bloque 1, 2 o 3.

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.

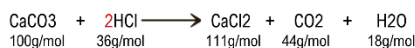
El aluminio reacciona con el cloruro de hidrógeno para formar tricloruro de aluminio e hidrógeno gaseoso.

- | | |
|--|---|
| 1. Escriba la ecuación química balanceada | ● Fue muy fácil. |
| 2. Demuestra cuál es el reactivo limitante. | ● Requirió algo de esfuerzo, pero lo logré. |
| 3. Calcula la masa de tricloruro de aluminio que se obtiene. | ● Me resultó difícil, pero entendí una parte. |
| 4. Que masa de reactivo en exceso queda al final de la reacción | ● 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 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 descriptivas e 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

Tabla 1

Estadísticos descriptivos por grupos

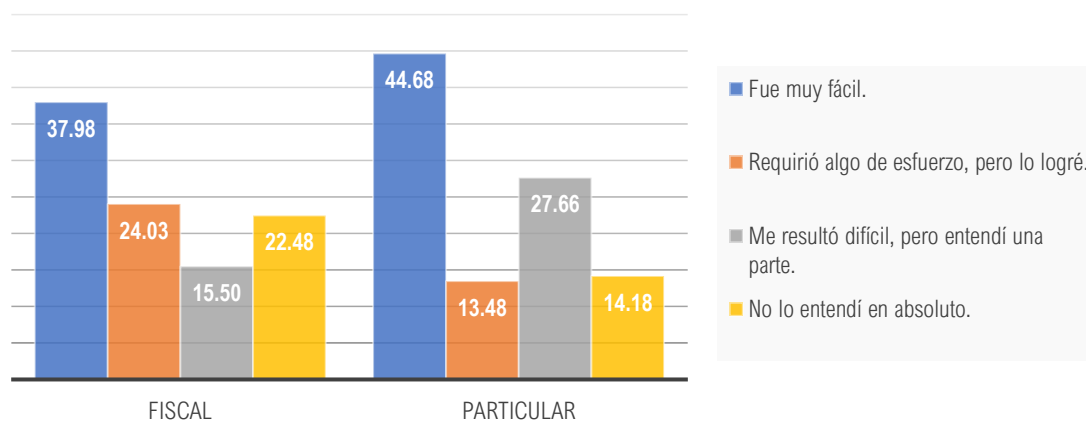
Grupo	Fiscal	Particular
N	43	47
Media	7.25	8.06
Mediana	7.30	8.30
Desviación estándar (DE)	0.970	0.941
Varianza	0.941	0.885
Mínimo	5.00	6.00
Máximo	9.70	10.00
Asimetría	-0.00631	-0.63146
Curtosis	0.2340	0.0131

Con base en los estadísticos descriptivos en la Tabla 1, el grupo de la institución fiscal obtuvo una nota mínima en la prueba de conocimientos de 5 y una máxima de 9.7; en lo que respecta al grupo de estudiantes de la institución particular obtuvo una nota mínima de 6 y una máxima de 10. Observándose puntuaciones favorables en ambos, pero resaltan los estudiantes de la institución particular.

Resultados de la complejidad procedimental en Química

Figura 2

Operaciones estequiométricas con complejidad básica

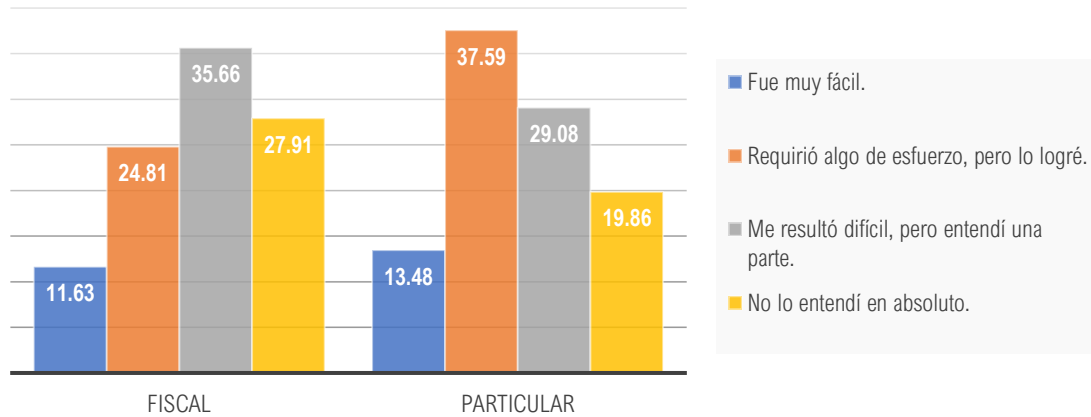


En cuanto a las preguntas de nivel de complejidad básico (Figura 2), los estudiantes de la institución particular arrojan resultados contundentes: el 44,68% les resultó muy fácil; seguido por el 27,66% quienes indicaron que fue difícil, pero entendieron algunas partes; y un bajo porcentaje, 14,18%, mostró 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

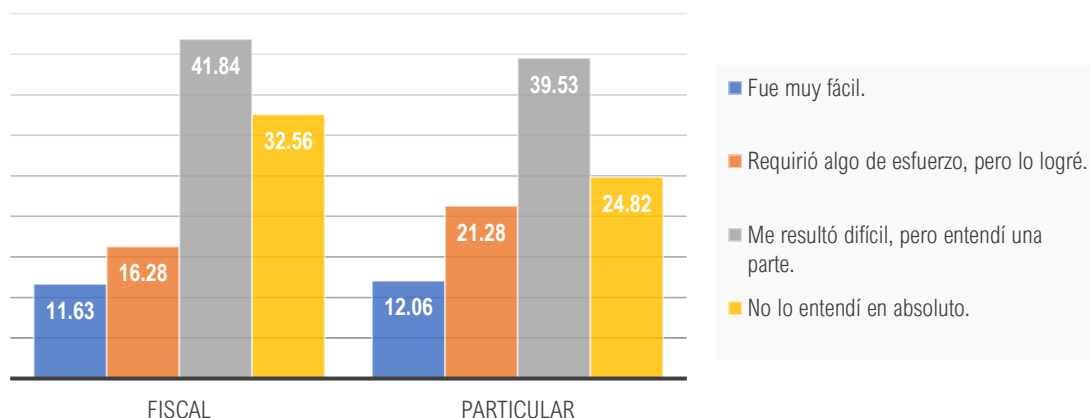
Operaciones estequiométricas con complejidad intermedia



En las preguntas de complejidad intermedia (Figura 3), se evidencia un aumento en la dificultad percibida por los estudiantes de ambas instituciones. En la fiscal, más del 63% presentó dificultades: el 35,66% comprendió parcialmente y el 27,91% no entendió en absoluto, mientras solo un 11,63% las consideró muy fáciles. En la institución particular, aunque el 37,59% logró resolverlas con esfuerzo, un 29,08% entendió solo una parte y un 19,86% no logró comprenderlas. Estos resultados reflejan que, al aumentar la complejidad, disminuye la comprensión, lo que sugiere la necesidad de reforzar estrategias didácticas para abordar contenidos estequiométricos de nivel intermedio.

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.

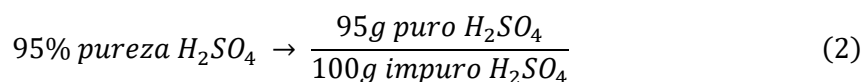
Dificultades estequiométricas en estudiantes de bachillerato

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 reacción 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.



En la ecuación (2), el componente de la izquierda hace referencia a la “comprensión algorítmica”; mientras que el de la derecha a la interpretación textual.

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 $p\text{-valor} \geq 0.05$, aceptar la H_0 ; los datos se aproximan a la distribución normal; por el contrario, si el $p\text{-valor} < 0.05$, aceptar la H_1 , la cual indica que los datos no se aproximan a la distribución normal.

Figura 5

Informe y visualización de la prueba de normalidad

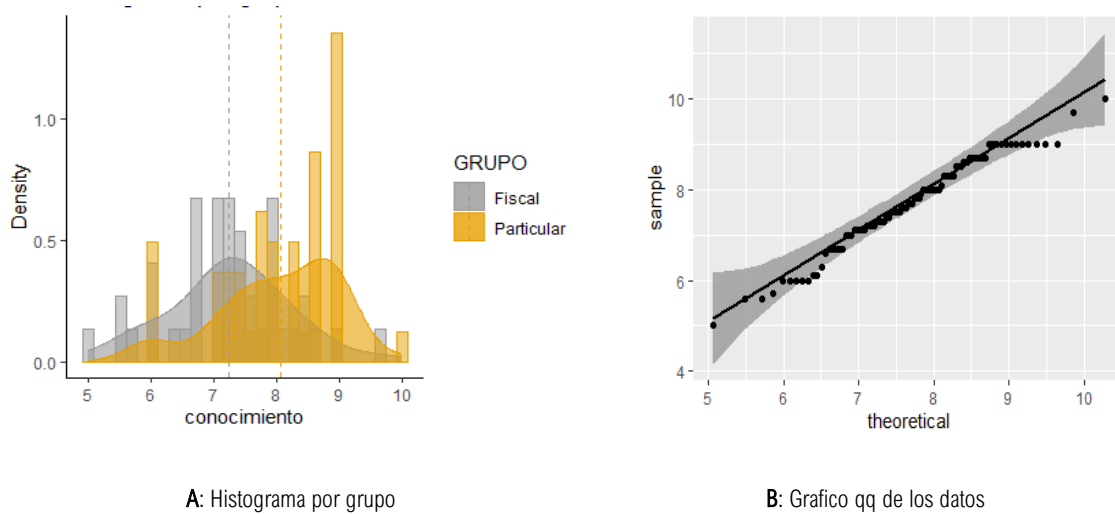


Tabla 2

Prueba de Kolmogorov-Smirnov

Variable	Estadístico D	p-valor
Prueba de conocimiento	0.078	0.2023

En la Tabla 2, el valor de significancia fue de .2023 ($p > .05$), sin diferencias estadísticamente significativas, mientras que en la Figura 5A ambos grupos mostraron una distribución normal: el grupo particular presentó una asimetría de $-.631$ (sesgo izquierdo) y curtosis de $.013$ (mesocúrtica), y el grupo fiscal una asimetría de $-.006$ (simétrica) con curtosis de $.234$ (mesocúrtica). La figura 5B se visualiza que los datos se ajustan a la banda de confianza. La figura estadística y visual indica 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.

También se utilizó la prueba de Bartlett 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 por el análisis de datos de *Microsoft Excel*.

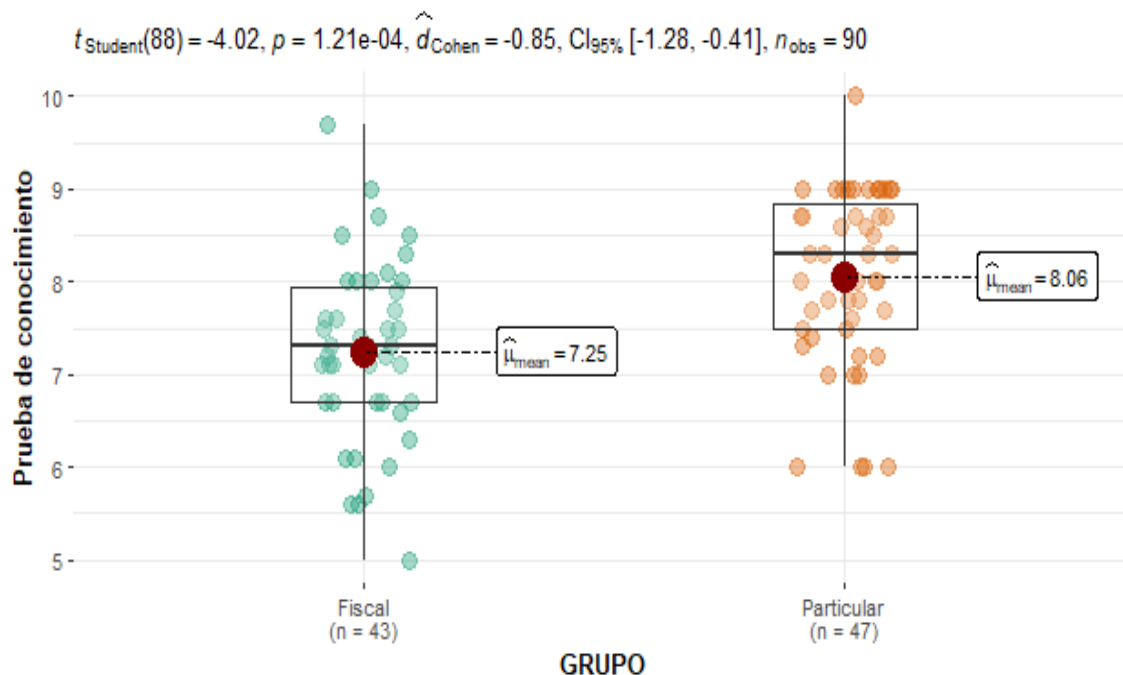
Tabla 3

Prueba t de Student de conocimientos estequiométricos por institución

	Fiscal	Particular
Media	7,251	8,062
Varianza	0,941	0,885
Observaciones	43	47
Varianza agrupada	0,912	
Diferencia hipotética de las medias	0,000	
Grados de libertad	88	
Estadístico t	-4,023	
P(T<=t) una cola	0,000	
Valor crítico de t (una cola)	1,662	
P(T<=t) dos colas	0,000	
Valor crítico de t (dos colas)	1,987	
Decisión	Rechazar la hipótesis nula	
Interpretación	Diferencias significativas	

Figura 6

Visualización de las medias por grupo de institución



El reporte de la Figura 6 muestra que el grupo de estudiantes de la institución particular presenta una mayor dispersión en las calificaciones en comparación con los estudiantes de la institución fiscal. Con relación a los antecedentes estadísticos, este estudio muestra que los conocimientos acerca de estequiometría fueron superiores en los estudiantes de la institución particular ($M = 8.06$; $DE = .941$) con relación a los estudiantes de la institución pública ($M = 7.25$; $DE = .970$) $t(88) = 4.02$, $p < .001$, $d = 0.85$ (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 ($p = < 0.05$). El tamaño del efecto ($d = 0.85$, IC 95% [1.28, 0.415]) indica que esta diferencia es grande y permite generalizar los resultados.

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.

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 mas 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.

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 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 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 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.

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>
- 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>

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

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>