

FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS PARA LA RESOLUCIÓN DE ECUACIONES QUÍMICAS POR EL MÉTODO ALGEBRAICO EN DOCENTES EN FORMACIÓN DE CIENCIAS EXPERIMENTALES

MATHEMATICAL FOUNDATIONS FOR SOLVING CHEMICAL EQUATIONS VIA THE ALGEBRAIC METHOD IN PRE-SERVICE EXPERIMENTAL SCIENCE TEACHERS

FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS PARA A RESOLUÇÃO DE EQUAÇÕES QUÍMICAS PELO MÉTODO ALGEBRICO EM PROFESSORES DE CIÊNCIAS EXPERIMENTAIS EM FORMAÇÃO

Maritza Abad Jirón*, Alex Estrada-García**

Abad-Jirón, M. y Estrada-García, A. (2026). Fundamentos matemáticos para la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico en docentes en formación de ciencias experimentales. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 21(3), e-25151 <https://doi.org/10.14483/23464712.25151>

Resumen

El artículo analiza la relación entre los fundamentos matemáticos que poseen los estudiantes para la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico en carreras de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología; el enfoque es cuantitativo, de alcance descriptivo y correlacional; la muestra abarcó 94 estudiantes de dos universidades públicas ecuatorianas referentes en formación docente en el área de la Química y la Biología. El análisis descriptivo identificó que las dimensiones de: aritmética con una media de 4.26 y álgebra elemental con media=3.95 (sobre 5 puntos) son los contenidos de mayor dominio en la muestra. Para establecer la correlación se usó la prueba inferencial no paramétrica Spearman y se confirmó la relación positiva entre los constructos $r_s = 0.571$ y $p < .001$. Para establecer el peso predictivo de las dimensiones matemáticas sobre el desempeño en química se usó la regresión cuantílica, los resultados indican que el álgebra elemental es la única dimensión estadísticamente significativa con un coeficiente de 1.37 [IC= 95%: (0.75-2.12)]. Se concluye que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre los constructos de estudio; las dimensiones matemáticas donde existe un dominio más alto son, aritmética y álgebra elemental; la prueba de regresión cuantílica muestra que es el álgebra elemental la dimensión que mayor peso predictivo impone para la resolución de ecuaciones químicas por el método

* Magister en Educación, mención Docencia Superior. Universidad Nacional de Loja. Ecuador. maritza.abad@unl.edu.ec, ORCID <https://orcid.org/0009-0002-2460-3466>

** Doctor en Educación. Grupo de Investigación Episteme. Universidad Nacional de Educación. Ecuador. alex.estrada@unae.edu.ec – ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5278-8221>

algebraico. Los hallazgos sugieren la necesidad de fortalecer los conocimientos previos y básicos en matemáticas de modo que se mejore el rendimiento en química.

Palabras Clave: química inorgánica; reacción química; educación científica; rendimiento académico; interdisciplinariedad.

Abstract

The present study analyzes the relationship between students' mathematical foundations and performance in solving chemical equations using the algebraic method in Experimental Sciences Education programs in Chemistry and Biology; the research follows a quantitative and correlational approach. The sample consists of 94 students from two Ecuadorian public universities, both of which are benchmarks in teacher training. Through descriptive statistical tests, it was identified that the dimensions of arithmetic, with a mean of 4.26, and elementary algebra, with a mean of 3.95 (on a 5-point scale), are the areas of highest mastery within the sample. To establish the correlation, the Spearman non-parametric inferential test was used, confirming a positive relationship between the study constructs with $r_s = 0.571$ & $p < .001$. To determine the predictive weight of the mathematical dimensions on chemistry performance, quantile regression was used; the results indicate that elementary algebra is the only statistically significant dimension, with a coefficient of 1.37 [CI= 95%: (0.75-2.12)]. It is concluded that a positive and statistically significant relationship exists between the study constructs. The mathematical dimensions with the highest mastery are arithmetic and elementary algebra. Finally, the quantile regression test demonstrates that elementary algebra is the dimension that exerts the greatest predictive weight in the resolution of chemical equations by the algebraic method. The findings suggest the need to strengthen prior and basic mathematical knowledge in order to improve performance in chemistry.

Keywords: inorganic chemistry; chemical reaction; science education; academic achievement; interdisciplinarity

Resumo

Este estudo examina a relação entre os fundamentos matemáticos que os estudantes possuem e o seu desempenho na resolução de equações químicas pelo método algébrico em cursos de Pedagogia das Ciências Experimentais - Química e Biologia. A pesquisa apresenta uma abordagem quantitativa, de alcance descritivo e correlacional. A amostra abrangeu 94 estudantes de duas universidades públicas equatorianas, referências na formação docente na área de Química e Biologia. A análise descritiva identificou que as dimensões de aritmética, com média de 4,26, e álgebra elementar, com média de 3,95 (de um total de 5 pontos), são os conteúdos de maior domínio na amostra. Para estabelecer a correlação, utilizou-se o teste inferencial não paramétrico de Spearman, confirmando-se a relação positiva entre os construtos ($r_s = 0,571$ e $p < 0,001$). Para estabelecer o peso preditivo das dimensões matemáticas sobre o desempenho em química, empregou-se a regressão quantílica. Os resultados indicam que a álgebra elementar é a única dimensão estatisticamente significativa, com um coeficiente de 1,37 [IC = 95% (0,75 - 2,12)]. Os resultados permitem concluir que existe uma relação positiva e estatisticamente significativa

entre os construtos de estudo; as dimensões matemáticas nas quais há um domínio mais alto são a aritmética e a álgebra elementar; o teste de regressão quantílica mostra que a álgebra elementar é a dimensão que exerce o maior peso preditivo para a resolução de equações químicas pelo método algébrico. Os achados sugerem a necessidade de fortalecer os conhecimentos prévios e básicos em matemática, de modo a melhorar o rendimento em química.

Palavras-Chave: química inorgânica; reação química; educação científica; rendimento escolar; interdisciplinaridade

1. Introducción

La interdisciplinariedad en la labor educativa es una característica fundamental en la enseñanza de las ciencias exactas y experimentales. Esta conexión de disciplinas brinda las herramientas necesarias para comprender conceptos elementales (Estrada et al., 2021). En este sentido, la química se complementa con las matemáticas en la explicación de algunos fenómenos y permite que los cálculos sean más efectivos y precisos. En estudios de grado, específicamente en la carrera de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología –adscrita al Sistema de Educación Superior ecuatoriano–, el estudio de la química es fundamental para futuras asignaturas del tronco común. Entre los temas elementales está el balanceo de ecuaciones químicas. Para la igualación de ecuaciones existen métodos como inspección, método algebraico, ion-electrón y redox; su elección se deriva de la complejidad de la ecuación, de la cantidad de sustancias y de las habilidades de los estudiantes (González et al., 2025).

De forma continua se establecen estudios sobre la relación entre la química y las matemáticas desde distintos enfoques. El lenguaje y los cálculos matemáticos son recursos indispensables para explorar y complementar el estudio de la química (Martínez, 2020; Neville et al., 2018). En el contexto de la educación superior, los estudiantes deben dominar el vocabulario propio de la química y las matemáticas para resolver problemas, caso contrario, su desempeño académico se vería disminuido (Arraiz-Martínez y Valecillos-Freire, 2010; Neville et al., 2018; Torres, 2018). Por su parte, Garritz y Rincón (1997) hacen referencia a la relación de las dos ciencias indicando que “el balanceo algebraico de ecuaciones químicas debe abordarse en los cursos de álgebra (...) porque permite conectar los cursos de matemáticas con los de química, lo cual produce una motivación adicional en los estudiantes de las carreras científicas” (p. 139).

Conectar las dos ciencias es un reto para el profesorado, incluso se ha “comprobado la necesidad de incorporar la formación matemática en el sistema de formación avanzada de profesores de química” (Kirman y Nekrasova, 2024, p. 56). El desafío radica en la aplicación de los fundamentos matemáticos en la igualación de ecuaciones, puesto que los principios del álgebra, por ejemplo, constituyen una herramienta estructural para el balanceo por el método algebraico (González et al., 2025; Méndez et al., 2024). En este sentido, la literatura científica señala que no siempre el problema lo presenta la química en sí misma, sino las habilidades fundamentales matemáticas, y es aquí donde el nexo entre la matemática y la química tiene especial importancia (Ivan y Šulcová, 2017; Potgieter et al., 2008; Rodríguez, 2011).

Considerando lo expuesto, está evidenciada la conexión general entre las disciplinas, sin embargo, a pesar de la extensa investigación sobre la integración de las matemáticas y la química, existen limitados estudios empíricos que desagreguen los fundamentos matemáticos en categorías mentales específicas, aplicadas al balanceo de ecuaciones por el método algebraico. Para ello, Oré (2013) clasifica como categorías mentales de menor esfuerzo a: reproducción (recordar), conceptualización (comprender) y aplicación; y las de mayor complejidad que se deben usar en la formación superior profesionalizante son

las relacionadas con el análisis, evaluación y creación. Por ello es imperativo investigar la relación entre los fundamentos matemáticos y el desempeño procedimental de los estudiantes en la igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico para determinar si existe una relación positiva o negativa. El aporte del estudio radica en desagregar las dimensiones matemáticas necesarias para el desempeño químico, a diferencia de otras investigaciones que hacen un análisis global de la relación entre las dos disciplinas.

En suma, las investigaciones previas sobre el tema resaltan la importancia de poseer una base sólida de conocimientos matemáticos para igualar ecuaciones químicas por el método algebraico, por lo que el objetivo de esta investigación es analizar la relación entre los fundamentos matemáticos que poseen los estudiantes y su desempeño en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico en carreras de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología. Ante este propósito se plantea la pregunta: ¿Existe relación significativa entre los fundamentos matemáticos y el desempeño académico en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico? La resolución de ecuaciones químicas posibilita al estudiantado operar simultáneamente en múltiples niveles de representación macroscópico, microscópico y simbólico (Chang y Goldsby, 2017; Johnstone, 1982). Por lo que el inconveniente en esta etapa no es la interpretación de los símbolos, reactivos y productos, sino los conocimientos cuantitativos que permiten garantizar la ley de la conservación de la materia mediante el método algebraico. La igualación necesita identificar los coeficientes estequiométricos, un proceso de razonamiento que se aleja de la memorización (Radha y Harini, 2024).

En concordancia con lo citado, la igualación de un sistema de ecuaciones químicas cumple con la ley de la conservación de la materia, por lo cual el método que conlleve a determinado fin debe ser eficiente. En este sentido, el método algebraico es un proceso matemático, ordenado, secuencial y eficiente que parte de la escritura de ecuaciones para cada elemento. Finalmente, para resolver las ecuaciones químicas se deben poner en práctica algunos procesos matemáticos fundamentales como sustitución, suma, resta, multiplicación, división, despeje y en algunos casos reducción de ecuaciones con la finalidad de encontrar el valor numérico de cada variable.

Para igualar una ecuación usando el método algebraico son necesarios procesos cognitivos que posibiliten transitar desde la teoría a la resolución procedimental. Es decir, el estudiante debe entender y decodificar el lenguaje simbólico de la química en expresiones matemáticas y proceder a la búsqueda de la identidad de cada variable, que más tarde se convertirá en coeficiente estequiométrico. Es en el proceso matemático donde los estudiantes tienen dificultades que repercuten en el balance químico y, por supuesto, en el rendimiento académico. En palabras de Potgieter et al. (2008), generalmente, el bajo rendimiento académico del estudiantado en la clase de química se debe a vacíos en los conocimientos relacionados con los fundamentos básicos de las matemáticas.

De lo referenciado, se revela que la química requiere implícitamente de otras ciencias. Sin embargo, estudios recientes diferencian entre conocimientos en aritmética, álgebra elemental y sistemas de ecuaciones lineales para superar la brecha entre las habilidades procedimentales y la comprensión conceptual profunda (Chibuye y Mupela, 2019; Kaufmann, 2018). La aritmética permite la formulación de expresiones numéricas como $4 + 9$, por su parte, el álgebra elemental permite generalizar la aritmética usando letras (variables), símbolos y números necesarios para escribir una ecuación, y la dimensión de sistema de ecuaciones lineales busca la identidad de algunas variables mediante métodos de sustitución y eliminación (Kaufmann, 2018; Martínez y Sanabria, 2023). La evidencia revisada sugiere que balancear una ecuación química es esencialmente álgebra lineal, no química (Shaikh y Yousaf, 2023; Radha y Harini, 2024). Por tanto, los conocimientos en los fundamentos matemáticos son imprescindibles.

En contraste, las dimensiones para la igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico comprenden componentes de una ecuación, proceso para igualar y el balanceo final. La primera hace referencia a la comprensión de las partes fundamentales de una ecuación e implica el entendimiento de la ley de la conservación de la masa y diferenciación entre subíndices (cantidad de átomos de cada elemento) y coeficientes (proporción molar) en una ecuación (Chang y Goldsby, 2017; Méndez et al., 2024; Radha y Harini, 2024). Por su parte, el proceso para igualar traduce la información química en un sistema de ecuaciones lineales con varias variables, cuyo valor numérico entero se busca determinar. El método algebraico implica decodificar la información del mundo material y representarlo en forma de una igualdad matemática respetando las proporciones definidas de los compuestos. La dimensión del balance final implica la verificación de la ley de la conservación de la materia mediante la asignación de coeficientes estequiométricos (Chang y Goldsby, 2017).

2. Metodología

2.1. Enfoque y alcance

La presente investigación es de enfoque cuantitativo, sustentando la recopilación de datos numéricos a través de la aplicación de instrumentos. La información obtenida fue sometida a análisis estadísticos para identificar la relación entre los constructos de la investigación: fundamentos matemáticos y desempeño académico en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico. El alcance del estudio es descriptivo y correlacional, enfocando la primera fase en describir los constructos de la investigación para posteriormente analizar el grado de asociación entre las variables.

El diseño es no experimental de tipo transversal, caracterizado por la ausencia de manipulación de variables de estudio y por la recolección de datos en un único momento (Hernández-Sampieri y Mendoza, 2018).

En concordancia con el alcance se plantean las siguientes hipótesis estadísticas:

H0. No existe relación significativa entre los fundamentos matemáticos y el desempeño académico en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico.

H1. Existe una relación estadísticamente significativa entre los fundamentos matemáticos y el desempeño académico en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico.

H2. Las dimensiones de mayor abstracción matemática (álgebra elemental y sistema de ecuaciones lineales) presentan mayor correlación y peso predictivo sobre el desempeño de ecuaciones químicas por el método algebraico.

Los procedimientos aplicados corresponden a una secuencia ordenada de actividades. Primero se revisó la literatura en fuentes confiables referentes a los fundamentos matemáticos e igualación de ecuaciones por el método algebraico, después se elaboró el instrumento para medir el dominio de los fundamentos matemáticos y su relación con la resolución de ecuaciones químicas. El instrumento fue sometido a la validación por cinco expertos. Finalmente se aplicaron los instrumentos a la muestra, se organizó la información en el software *Microsoft Excel* y se ejecutaron pruebas estadísticas descriptivas y correlacionales correspondientes en *Jamovi*.

2.2. Población y muestra

La población estuvo integrada por 430 estudiantes de las Carreras de Pedagogía de las Ciencias Experimentales - Química y Biología de dos universidades públicas del Ecuador y la muestra está compuesta por 94 estudiantes, 57 mujeres y 37 hombres. La selección de la muestra se realizó mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia, aplicando los siguientes criterios de elegibilidad: se seleccionó a estudiantes matriculados en los niveles séptimo y octavo y que han cursado la asignatura de Química para Bachillerato. Además, la elección de la muestra se justifica por el acceso institucional en las dos instituciones de Educación Superior, que son referentes en la formación docente en el área de la Química y Biología. Como criterio de exclusión, no se considera a los estudiantes de los primeros niveles de formación porque están en la fase de adquisición de conocimientos pedagógicos previos a la asignatura Química General.

2.3. Técnicas e instrumentos

Las técnicas según concluyen Hernández-Mendoza y Duana-Avila (2020) “constituyen el conjunto de instrumentos en el cual se efectúa el método” (p. 51), con este referente, la técnica será la prueba escrita, mientras que el instrumento serán dos *test* de opción múltiple. Cada instrumento consta de 15 ítems de evaluación dicotómica, divididos en tres dimensiones para cada constructo: Fundamentos matemáticos (aritmética, álgebra elemental y sistema de ecuaciones lineales) y para el desempeño académico en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico (componentes de una ecuación, proceso para igualar y balanceo final) tal como se muestra en la Tabla 1 y 2.

Para determinar la validez del contenido se recurrió al juicio de cinco expertos, dos expertos de Matemáticas y tres de Química, para cuantificar la evaluación de los expertos se usó V de Aiken, considerando los criterios de pertinencia, relevancia y claridad. El resultado arroja un coeficiente de 0.97 sobre 1.00 indicando una alta concordancia entre los jueces y a su vez ratifica el diseño del instrumento. Complementariamente a la prueba estadística y acatando las sugerencias de los expertos, se hicieron los ajustes y mejoras en la redacción de los ítems optimizando su comprensión. Además, se aplicó el coeficiente Kuder-Richardson 20 (KR-20) para comprobar la confiabilidad interna de los ítems. Como resultados $KR-20 = 0.69$ para el constructo; fundamentos matemáticos y 0.79 para la igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico. En el ámbito de la investigación educativa los valores de 0.70 o cercanos a él se encuentran dentro del rango de “aceptable”, lo que indica que los ítems que componen el instrumento son coherentes entre sí midiendo la misma variable (Hair et al., 2014).

Asimismo, la confiabilidad por dimensiones para el constructo matemático fue: aritmética $KR-20 = 0.414$, álgebra elemental $KR-20 = 0.565$ y ecuaciones lineales $KR-20 = 0.408$. Por otro lado, para la resolución de ecuaciones químicas, se tiene: componentes de una ecuación $KR-20 = 0.402$, proceso para igualar $KR-20 = 0.658$ y balanceo final $KR-20 = 0.586$. Es importante destacar que estos valores se deben al número de ítems por dimensión (5) y dado que la prueba de KR-20 es altamente sensible a la longitud de la escala sin que esto comprometa la estabilidad y consistencia de las escalas globales.

La investigación garantizó la participación voluntaria de los estudiantes quienes fueron informados de los fines académicos del estudio. Se asegura el tratamiento confidencial de la información, anonimizando todos los datos previos a su publicación en un repositorio de acceso abierto. De esta manera se garantiza el anonimato total en dicha publicación.

El rigor metodológico se implementó para cumplir con los objetivos específicos de estudio: identificar los fundamentos matemáticos que dominan los estudiantes y determinar la relación entre los fundamentos matemáticos y la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico. Para la aplicación de los instrumentos se usó *Google Forms*.

2.4. Análisis y tratamiento de datos

El procesamiento de la información siguió una secuencia metodológica rigurosa. Inicialmente los datos recolectados de las dos universidades fueron tabulados y se limpiaron en el software Microsoft Excel, posteriormente el procesamiento de los datos y los modelos de regresión se realizaron en el software jamovi (The Jamovi Project, 2024), utilizando como motor estadístico el lenguaje R (R Core Team, 2023). Cabe mencionar que el tratamiento estadístico para identificar los fundamentos matemáticos que más dominan los estudiantes se hizo sobre 5, considerando que cada dimensión tiene un total de 5 preguntas. Para establecer la relación entre los constructos de la investigación se hizo con las sumatorias totales de Matemáticas y Química es decir 15 puntos.

En la etapa analítica se aplicaron pruebas estadísticas descriptivas mediante medidas de tendencia central media y mediana para observar el comportamiento de las dimensiones de cada constructo.

Con la finalidad de identificar la relación entre los fundamentos matemáticos y la resolución de ecuaciones químicas, se verificó el supuesto de normalidad aplicando la prueba Shapiro-Wilk para el constructo Fundamentos matemáticos $W = 0.938$, $p < .001$ y para Química $W = 0.919$, $p < .001$. Los resultados demuestran que los datos no siguen una distribución normal y, en consecuencia, se optó por pruebas inferenciales no paramétricas, aplicando el coeficiente Rho de Spearman y así determinar el grado de asociación.

Para dar respuesta a la hipótesis (H2) y observar estadísticamente la capacidad predictiva de los fundamentos matemáticos se aplicó el modelo de regresión cuantílica estimando la mediana. Esta técnica es idónea para analizar variables que no cumplen con los supuestos de normalidad (Hao y Naiman, 2007). En este modelo el constructo de ecuaciones químicas es la variable dependiente y, por otro lado, las dimensiones matemáticas (aritmética, álgebra elemental y sistema de ecuaciones lineales) las variables independientes. Como criterio para aceptar la H2 se estableció que la dimensión de ecuaciones lineales con niveles cognitivos de mayor complejidad debía obtener el valor más alto en los coeficientes predictivos. Esta prueba permitió conocer el peso específico que ejercen las dimensiones independientes sobre la resolución de ecuaciones químicas. Adicionalmente se ejecutó post-Hoc como prueba de potencia para asegurar la robustez de los resultados y descartar el error tipo II.

El instrumento, así como los datos que respaldan esta investigación, están disponibles en un repositorio público, cuyo enlace es <https://doi.org/10.17632/sfrn3tkgbb>. A continuación, se presentan operacionalmente los instrumentos de los constructos de la investigación, desagregados por dimensiones y subdimensiones del conocimiento de acuerdo con la taxonomía de Anderson y Krathwohl (Oré, 2013). Para construir el instrumento se partió de la operacionalización de las variables, los ítems se construyeron de acuerdo con la taxonomía antes mencionada, tomando en cuenta los dominios cognitivos de esta clasificación. Antes de la recolección final de datos se ejecutó una prueba piloto en un grupo pequeño de 15 estudiantes con características similares a la muestra definitiva. Para estos datos se aplicó KR-20 y un análisis psicométrico, con los valores previos de dificultad y de discriminación se realizaron los ajustes necesarios consolidando la versión final de los ítems. Para la calificación de los instrumentos se estableció una escala dicotómica, donde cada respuesta correcta equivale a un punto y las incorrectas a cero puntos.

Tabla 1
Instrumento codificado para las dimensiones de fundamentos matemáticos

Ítem	Código	Matemáticas		
		Dimensión	Subdimensión del conocimiento	Proceso cognitivo

P1	01-MM-AR-FAC-REC	Aritmética	Factual	Recordar
P2	02-MM-AR-FAC-REC	Aritmética	Factual	Recordar
P3	03-MM- AR-FAC-REC	Aritmética	Factual	Recordar
P4	04-MM-AR-FAC-REC	Aritmética	Factual	Recordar
P5	05-MM-AR-FAC-REC	Aritmética	Factual	Recordar
P6	06-MM-AE-PRO-COM	Álgebra elemental	Procedimental	Comprender
P7	07- MM-AE-PRO-ANA	Álgebra elemental	Procedimental	Analizar
P8	08- MM-AE-PRO-COM	Álgebra elemental	Procedimental	Comprender
P9	09- MM-AE-PRO-ANA	Álgebra elemental	Procedimental	Analizar
P10	10- MM-AE-PRO-COM	Álgebra elemental	Procedimental	Comprender
P11	11- MM-EL-PRO-ANA	Ecuaciones lineales	Procedimental	Analizar
P12	12- MM-EL-PRO-ANA	Ecuaciones lineales	Procedimental	Analizar
P13	13- MM-EL-PRO-ANA	Ecuaciones lineales	Procedimental	Analizar
P14	14- MM-EL-PRO-ANA	Ecuaciones lineales	Procedimental	Analizar
P15	15- MM-EL-PRO-ANA	Ecuaciones lineales	Procedimental	Analizar

Nota: La codificación de los ítems se estructura de la siguiente manera, tomando en cuenta 01-MM-AR-FAC-REC: 01 (número de ítem)-MM (constructo al que pertenece el ítem: Matemáticas)-AR (dimensión: aritmética)-FAC (Subdimensión del conocimiento: factual)-REC (proceso cognitivo: recordar). La misma lectura se hace con el resto de los códigos.

Tabla 2

Instrumento codificado para las dimensiones de igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico

Química				
Ítem	Código	Dimensión	Subdimensión del conocimiento	Proceso cognitivo
P1	01-Q-CE-FAC-REC	Componentes de una ecuación	Factual	Recordar
P2	02-Q-CE-FAC-REC	Componentes de una ecuación	Factual	Recordar
P3	03-Q-CE-FAC-REC	Componentes de una ecuación	Factual	Recordar
P4	04-Q-CE-FAC-REC	Componentes de una ecuación	Factual	Recordar
P5	05-Q-CE-FAC-REC	Componentes de una ecuación	Factual	Recordar
P6	06-Q-PI-PRO-COM	Proceso para igualar	Procedimental	Comprender
P7	07-Q-PI-PRO-ANA	Proceso para igualar	Procedimental	Analizar
P8	08-Q-PI-PRO-REC	Proceso para igualar	Procedimental	Comprender
P9	09-Q-PI-PRO-ANA	Proceso para igualar	Procedimental	Analizar
P10	10-Q-PI-PRO-COM	Proceso para igualar	Procedimental	Comprender
P11	11-Q-BF-PRO-COM	Balanceo final	Procedimental	Comprender
P12	12-Q-BF-PRO-ANA	Balanceo final	Procedimental	Analizar
P13	13-Q-BF-PRO-COM	Balanceo final	Procedimental	Comprender
P14	14-Q-BF-PRO-ANA	Balanceo final	Procedimental	Analizar
P15	15-Q-BF-PRO-COM	Balanceo final	Procedimental	Comprender

Nota: La codificación de los ítems se estructura tomando en cuenta 01-Q-CE-FAC-REC: 01 (número de ítem)-Q (constructo al que pertenece el ítem: Química)-CE (dimensión: componentes de una ecuación)-FAC (Subdimensión del conocimiento: factual)-REC (proceso cognitivo: recordar). La misma lectura se hace con el resto de los códigos.

Lo expuesto respalda al instrumento con alta validez de contenido, lo que respalda la pertinencia y claridad de los ítems. Una vez recopilada la información se procedió a dar el tratamiento estadístico con pruebas descriptivas e inferenciales no paramétricas para dar respuesta a los objetivos de la investigación.

3. Resultados

3.1. Fundamentos matemáticos

Para responder al primer objetivo, a través de pruebas estadísticas descriptivas, se verificó en toda la muestra ($N = 94$) el dominio de las dimensiones que conforman los constructos principales de la investigación: fundamentos matemáticos e igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico. Cabe destacar que cada instrumento está formado por 15 ítems y cada dimensión contiene 5 preguntas, por lo tanto, el valor máximo alcanzable por dimensión es 5.

En la Tabla 3 se observa el dominio de las dimensiones teóricas frente a las procedimentales. Respecto a los conocimientos matemáticos, alcanza mayor puntuación "aritmética" $M = 4.26$; $Me = 5$ sobre 5 puntos posibles. Sin embargo, en las dimensiones procedimentales los valores descienden, situándose el álgebra elemental y el sistema de ecuaciones lineales con *medias* 3.95 y 3.44 respectivamente.

Tabla 3

Estadísticos descriptivos de las dimensiones matemáticas y químicas

	M- ARITMÉTICA	M-ALG- ELEMENTAL	M-ECU- LINEALES	Q-COMP- ECU	Q-PRO- IGUALAR	Q-BALAN- FINAL
N	94	94	94	94	94	94
Media	4.26	3.95	3.44	3.94	3.56	3.22
Mediana	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	3.00
Desviación estándar	.903	1.21	1.12	1.08	1.42	1.45

Nota: M= matemáticas; Q= química-COMP-ECU= componentes de una ecuación- PRO-IGUALAR= proceso para igualar-BALAN-FINAL= balanceo final. La puntuación de cada dimensión se calculó sobre un valor máximo de 5 puntos.

Respecto a las dimensiones de Química el comportamiento estadístico es similar. Para la primera dimensión, componentes de una ecuación con una *Media* = 3.94 sobre cinco, pero las puntuaciones bajan en la parte operacional "proceso para igualar" ($M = 3.56$); balanceo final ($M = 3.22$).

3.2. Asociación entre fundamentos matemáticos y resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico.

Para responder al segundo objetivo se hizo una correlación entre los fundamentos matemáticos y la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico con el propósito de analizar el grado de asociación. Luego de verificar que no se cumple el supuesto de normalidad se procede a aplicar la prueba correlacional no paramétrica Rho de Spearman.

Los resultados indican que, sobre 15 puntos posibles la media en el constructo fundamentos matemáticos es de 11.60 ($DE=2.48$) y de 10.70 ($DE= 3.27$) en el desempeño químico. Al analizar los totales se encuentra una correlación positiva y estadísticamente significativa entre ambos constructos ($rs = 0.571$; $IC\ 95\% [.41, .70]$; $p < .001$). La correlación se sitúa en un nivel moderada-alta (Hernández-Sampieri et al., 2014), lo que sugiere que a medida que el dominio de los fundamentos matemáticos aumenta también supone una mejora en el balanceo de ecuaciones químicas por el método algebraico.

Finalmente, se hizo un desglose de todas las dimensiones de los constructos para comprender específicamente las dimensiones matemáticas que influyen en el proceso de igualación química. Para ello se usó la prueba correlacional no paramétrica de Spearman cruzando todas las dimensiones. En la siguiente tabla se muestran los hallazgos.

Tabla 4

Matriz de correlaciones de Spearman entre dimensiones matemáticas y químicas

		M- ARITMÉTICA	M-ALG- ELEM	M-ECU- LINEALES	Q-COMP- ECU	Q-PRO- IGUA	Q- BALAN- FINAL
M- ARITMÉTICA	Rho de Spearman	—					
M-ALG-ELEM	Rho de Spearman	.508***	—				
M-ECU- LINEALES	Rho de Spearman	.214*	.302**	—			
Q-COMP-ECU	Rho de Spearman	.473***	.533***	.282**	—		
Q-PRO-IGUA	Rho de Spearman	.277**	.463***	.187	.543***	—	
Q-BALAN- FINAL	Rho de Spearman	.429***	.367***	.237*	.500***	.593***	—

Nota. Muestra (N=94) * $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$ Todos los coeficientes corresponden a Rho de Spearman

En los resultados se observa que los conocimientos básicos de matemáticas “álgebra elemental” y “aritmética” presentan una correlación significativa con la química. La mayor fuerza de asociación se encuentra entre álgebra elemental y los componentes de una ecuación $rs = 0.533$; $p < .001$. La aritmética mantiene una relación con el balanceo final $rs = 0.429$; $p < .001$. Por otra parte, “sistema de ecuaciones” presenta asociaciones débiles con las dimensiones de química.

Tabla 5

Regresión cuantílica (cuantil 0.50) para datos no paramétricos

Predictor	Coefficiente	Límite inferior	Límite superior	P
CONSTANTE	-0.75	-3.17	2.86	$> .05$
M-ARITMÉTICA	1.50	-0.27	2.00	$> .05$
M-ALG-ELEM	1.37	0.75	2.12	$< .05$
M-ECU- LINEALES	0.13	-0.85	1.53	$> .05$

Nota: M= matemática-M-ALG-ELEM= álgebra elemental-ECU-LINEALES= ecuaciones lineales

Para determinar el peso predictivo de las dimensiones matemáticas sobre la química se usa la prueba de regresión cuantílica propia para datos asimétricos. Al analizar los intervalos de confianza IC= 95%, en la tabla 5 se muestra que álgebra elemental es la única dimensión predictiva y estadísticamente significativa con un coeficiente de 1.37 (0.75-2.12). Por el contrario, la dimensión de aritmética con coeficiente 1.5 (-0.27-2.00) y sistema de ecuaciones lineales con coeficiente 0.13 (-0.85-1.53) indicando que no tienen valor predictivo sobre la mediana, dado que las dos dimensiones contienen en sus intervalos el valor de cero. La amplitud en los intervalos de las dimensiones no predictivas sugiere que los resultados son heterogéneos y que su relación con la química no es homogénea en toda la muestra de modo que los pesos predictivos no pueden generalizarse.

Para complementar y asegurar la robustez de la información se ejecutó el análisis de potencia estadística post-hoc sobre el modelo de regresión. La prueba tiene como resultado un valor de 94.13% indicando que la muestra (N=94) fue suficiente para detectar el efecto predictivo ya observado en la dimensión de álgebra elemental.

4. Discusión

El principal hallazgo de la investigación es la correlación positiva entre los fundamentos matemáticos y el desempeño en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico lo que sugiere que el principal obstáculo podría ser la transición de la teoría hacia los procesos procedimentales en los sistemas de ecuaciones.

Los resultados indican que existe un dominio superior en aritmética y álgebra elemental respecto a los sistemas de ecuaciones. Estas dimensiones iniciales están basadas en conocimientos factuales (recordar, comprender,) según la taxonomía de Anderson y Krathwohl (Oré, 2013). Sin embargo, tener esta base no garantiza el éxito en la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico, evidenciando un descenso en el sistema de ecuaciones lineales. Esto sugiere limitaciones en las habilidades procedimentales de analizar y ejecutar, necesarias para decodificar la información de las reacciones químicas y representarlas en un sistema de ecuaciones matemáticas para su resolución. Este hallazgo respalda a los autores que sostienen que la resolución de ecuaciones es un proceso de razonamiento que se aleja de la memorización (Kaufmann, 2018; Martínez y Sanabria, 2023; Radha y Harini, 2024).

El análisis inferencial confirma la relación positiva entre los constructos: fundamentos matemáticos y desempeño en la resolución de ecuaciones químicas ($rs = 0.571$; $p < .001$). El hallazgo confirma que la igualación de ecuaciones por el método algebraico no es un proceso aislado; mientras la química aporta con la reacción indicando el cambio en la materia, la matemática proporciona el lenguaje necesario para decodificar y representar la información de forma sistemática y ordenada. Estos resultados coinciden con la literatura científica que afirma que se debe dominar el vocabulario propio de la química y la matemática para resolver problemas, caso contrario el desempeño académico se vería disminuido (Neville et al., 2018; Torres, 2018).

La prueba no paramétrica de regresión cuantílica rechaza en parte la H2 dado que solo el álgebra elemental contribuye significativamente al desempeño de la igualación de ecuaciones Coeficiente= 1.37 (0.75-2.12), mientras que las bases teóricas en aritmética y las habilidades de mayor complejidad en ecuaciones lineales ambas contienen el cero en sus intervalos. Debido a que, el presente estudio tiene como principal predictor al álgebra elemental se abre una posibilidad de una intervención pedagógica que pueda mejorar las bases en álgebra. Tal como sostiene Rodríguez (2011), en casi todas las disciplinas se usan las matemáticas, por lo que se sugiere incluir su enseñanza en cualquier nivel de estudio.

Pese a la predicción del álgebra elemental, algunos autores mencionan que la resolución de ecuaciones químicas por el método algebraico tiene relación más estrecha con la solución de sistemas de ecuaciones lineales que con la propia química (Shaikh y Yousaf, 2023; Radha y Harini, 2024). Aparentemente hay una disonancia teórica y epistemológica ante la falta de peso predictivo de los sistemas de ecuaciones, este fenómeno se explica en el diseño metodológico del instrumento, puesto que la dimensión de álgebra elemental actúa como una macroestructura cognitiva que abraza y precede a la formación de sistemas lineales, los cinco ítems que contiene esta dimensión evaluaron la capacidad de simbolización, traducción básica del lenguaje químico al matemático así como la sustitución de valores en ecuaciones simples. En contraste, en los sistemas de ecuaciones se plantearon cuestiones matemáticas procedimentales, de análisis y estrictamente relacionadas con la química.

5. Conclusiones

Se concluye que existe una relación positiva y estadísticamente significativa entre los fundamentos matemáticos y el desempeño académico en la igualación de ecuaciones químicas por el método algebraico. Esto indica que el aprendizaje de la química no es un proceso aislado de otras disciplinas, sino que está vinculado con el dominio del lenguaje matemático para decodificar, representar y resolver ecuaciones químicas.

De igual forma, la investigación demostró que los estudiantes dominan de mejor manera las dimensiones matemáticas de aritmética y álgebra elemental, siendo esta última la de mayor ayuda para transitar desde la comprensión de los componentes de una ecuación hacia el éxito en el balanceo final.

Respecto a la dimensión matemática de mayor predicción sobre el desempeño en la igualación química, y bajo las condiciones metodológicas de este estudio, así como las características de la muestra, las habilidades de análisis en los sistemas de ecuaciones lineales no demostraron influencia estadística significativa. En su lugar, y teniendo en cuenta el contexto de la investigación, el álgebra elemental se consolida como la dimensión predictiva de mayor peso que permite pasar de la teoría a la parte procedimental.

Por otro lado, a pesar de la solidez de la investigación, las limitaciones del estudio radican en el muestreo no probabilístico por conveniencia ($N=94$) seleccionada por muestreo no probabilístico por conveniencia, lo cual restringe la generalización de los coeficientes predictivos a poblaciones estudiantiles de educación superior con características sociodemográficas y mallas curriculares distintas. Asimismo, el diseño metodológico transversal impide hacer inferencias absolutas dado que se realizó en un único momento, impidiendo observar el avance cognitivo de los estudiantes a medida que avanzan en los niveles académicos. Desde el ámbito psicométrico, se reconoce como limitación la confiabilidad moderada del instrumento (.70) y la alta concentración de puntuaciones máximas en la dimensión de aritmética. Esta baja variabilidad en los puntajes aritméticos pudo haber reducido el poder discriminativo de dicha variable en la prueba no paramétrica, condicionando que su intervalo de confianza incluyera el cero a pesar de su peso conceptual en el aprendizaje químico.

Para futuras investigaciones se sugiere aumentar la muestra con pruebas probabilísticas y hacer un estudio longitudinal que permita observar el impacto de los fundamentos matemáticos no solo en la igualación de ecuaciones por el método algebraico sino en otros campos de estudio de la química. Adicionalmente, y como implicación pedagógica del estudio para las carreras de Pedagogía de las Ciencias Experimentales Química y Biología, se plantea que la integración de un enfoque interdisciplinario en la formación de los futuros maestros podría favorecer el desempeño en química. Bajo este supuesto, se sugiere como línea futura investigar e implementar estrategias didácticas específicas que refuercen los conocimientos en los fundamentos matemáticos básicos implicados en los contenidos de la carrera.

6. Agradecimientos

Grupo de Investigación Episteme: Filosofía de la Educación, Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional de Educación.

7. Contribución de autores

Autor 1: Conceptualización, Investigación, Curación de datos, Análisis formal, Software, Visualización, Redacción – borrador original. **Autor 2:** Conceptualización, Metodología, Supervisión, Validación, Redacción – revisión y edición.

8. Declaración de fuentes de financiación

Este estudio no recibió apoyo financiero de ninguna institución ni agencia de financiación.

9. Declaración de uso de inteligencia artificial

Durante la preparación de este trabajo, los autores utilizaron Gemini con el propósito de apoyar la revisión gramatical del artículo. Posteriormente, los autores, revisaron, validaron y editaron el texto, asumiendo la total responsabilidad por su contenido.

10. Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de intereses relacionado con la publicación de este artículo.

11. Referencias

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives: Complete Edition*. Addison Wesley Longman.
- Arraiz-Martínez, G. y Valecillos-Freire, M. (2010). Regreso a las bases de la matemática: un imperativo en Educación Superior. *Revista Digital Universitaria*, 11(9), 1-13. <http://www.revista.unam.mx/vol.11/num9/art90/art90.pdf>
- Chang, R. y Goldsby, K. (2017). *Química (12a ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Chibuye, B., y Mupela, K. (2019). Effect of using Algebraic Method on Secondary School Students' Performance in Balancing Chemical Equations in Chemistry. *Journal of Education and Practice*, 10(23), 55-62. <https://doi.org/10.7176/JEP/10-23-08>
- Estrada, J., Estrada-García, A. y Bermeo, F. (2021). *La compleja visión de la didáctica*. Universidad Nacional de Chimborazo. <https://doi.org/10.37135/u.editorial.05.38>
- Garritz, A. y Rincón, C. (1997). Capricho valenciano (III). Valencia y números de oxidación. *Educación Química*, 8(3), 130-140.
- González, V., Jaque, D., Hidalgo, I., Urbano, B., y González, M. (2025). Balanceo de ecuaciones químicas: un método algebraico con Gauss-Jordán y herramientas computacionales. *Educación Química*, 36(1), 66-81. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.1.88625>
- Johnstone, A. H. (1982). Macro and microchemistry. *School Science Review*, 64, 377-379.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., y Anderson, R. E. (2014). *Multivariate data analysis (7ma ed.)*. Pearson).
- Hao, L., y Naiman, D. Q. (2007). *Quantile Regression*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781412985550>
- Hernández-Mendoza, S. y Duana-Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), 51-53. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>
- Hernández-Sampieri, R., y Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.
- Ivan, M., y Šulcová, R. (2017). Mathematics, chemistry and science connection as a basis of scientific thinking. SHS Web of Conference 37, Artículo 01017. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20173701017>
- Kaufmann, J. (2018). *Álgebra elemental*. CENGAGE Learning.
- Kirman, V. y Nekrasova, M. (2024). Systems of linear equations and divisibility theory in the structure of mathematical competence of a chemistry teacher. *ScienceRise: Pedagogical Education*, (2), 56-62. <https://doi.org/10.15587/2519-4984.2024.304888>

- Martínez, B. (2020). Sobre el lenguaje matemático, la filosofía y la evolución del tratado elemental de química. *Revista Colombiana de Filosofía de la Ciencia*, 20(41), 41-61. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v20i41.3384>
- Martínez, H., y Sanabria, A. (2023). *Álgebra Lineal* (1.ª ed.). Programa Editorial Universidad del Valle.
- Méndez, L., Peña, P. y Peña, P. L. (2024). Balanceo de ecuaciones químicas usando propiedades de los vectores en el espacio tridimensional R3. *Educación Química*, 35(1), 127-134. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2024.1.86709>
- Neville, R., Shipman, P. D., Levinger, N. E., y Krummel, A. T. (2018). ConfChem Conference on Mathematics in Undergraduate Chemistry Instruction: Applied Mathematics for Chemistry Majors. *Journal of Chemical Education*, 95(8), 1438-1439. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.8b00021>
- Oré, C. (2013). Operacionalización de la Taxonomía de Anderson y Krathwohl para la Docencia Universitaria. *PAIDEIA XXI*, 3(4), 109-119. <https://doi.org/10.31381/paideiaxxi.v3i4.931>
- Potgieter, M., Harding, A. y Engelbrecht, J. (2008). Transfer of algebraic and graphical thinking between mathematics and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(2), 197-218. <https://doi.org/10.1002/tea.20208>
- Radha, R., y Harini, S. (2024). Application of mathematics in balancing chemical equations. International. *Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology*, 12(3). <https://doi.org/10.22214/ijraset.2024.58802>
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rodríguez, M. (2011). La matemática y su relación con las ciencias como recurso pedagógico. Números. *Revista de Didáctica de las Matemáticas*, 77, 35-49.
- Shaikh, M. M., y Yousaf, M. (2023). On mathematical methods to balance equations of chemical reactions—A Comparison and Way Forward. *Journal of mechanics of continua and mathematical sciences*, 18(1), 1-20. <https://doi.org/10.26782/jmcms.2023.01.00001>
- The jamovi project (2024). jamovi. (Version 2.6) [Computer Software]. Retrieved from <https://www.jamovi.org>
- Torres, C. (2018). Relaciones de la química con matemática y lenguaje: propuesta de aprendizaje en un entorno virtual. *Educación Química*, 29(2), 51-61. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63707>