

REVISTA

PERSPECTIVAS

UFPS

Original Article

<https://doi.org/10.22463/25909215.4139>

## Integración de un ova para el aprendizaje significativo de la estequiometría en educación media

Integration of an ova for the meaningful learning of stoichiometry in secondary education.

Pablo César Urbano-Mantilla<sup>1\*</sup>, Miguel Ángel García-García<sup>2</sup>, Mayra Alejandra Arévalo-Duarte<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Licenciado en Biología y Química, pabloquimica1@hotmail.com, ORCID: 0009-0003-4899-7479, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>2</sup>Master Universitario en las Tics en Educación: Análisis y Diseño de Recursos, Procesos y Prácticas Formativas, miguelangelgg@ufps.edu.co, ORCID: 0000-0002-8227-507X, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

<sup>3</sup>Doctora en Educación, mayraarevalo@ufps.edu.co, ORCID: 0000-0003-4871-6326, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

**Cómo citar:** Urbano-Mantilla P.C., García-García M.A., Arévalo-Duarte M.A., "Integración de un ova para el aprendizaje significativo de la estequiometría en educación media .". *Perspectivas*, vol. 8, no. S1, pp. 269-282, 2023.

Recibido: Julio 19, 2023; Aprobado: Septiembre 20, 2023.

### RESUMEN

#### Palabras Claves:

Aprendizaje significativo, educación media, enseñanza de la química, estequiometría, objeto virtual de aprendizaje [OVA].

Los procesos de enseñanza de la estequiometría constituyen un verdadero desafío para los docentes, porque involucran diferentes procesos químico-matemáticos que dificultan la comprensión de los estudiantes. En este sentido, los objetos virtuales de aprendizaje [OVA] constituyen una herramienta idónea para integrar la tecnología y enriquecer los procesos de enseñanza aprendizaje. El presente estudio tiene como objetivo, implementar un objeto virtual de aprendizaje que permita la construcción de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estequiometría en estudiantes de educación media. Se orienta desde el método cuasi-experimental con diseño de prueba pretest y postest desarrollado en tres fases: aplicación de prueba pretest, implementación del OVA, aplicación de prueba postest. Los resultados evidencian un desempeño superior en la prueba postest con mayor apropiación en los conceptos de masa, volumen, molar en los procesos estequiométricos que le permiten al estudiante la asimilación teórica para interpretar situaciones, argumentar y resolver problemas. Se concluye que la enseñanza de la estequiometría a través de prácticas significativas, evidencia aumento de interés y motivación por parte de los estudiantes. Incentiva la construcción del conocimiento científico de manera crítica y objetiva en relación con los pre-saberes y la perspectiva personal. Mejora la comprensión y comunicación asertiva de los fenómenos químicos.

### ABSTRACT

#### Key Words:

Meaningful learning, secondary education, chemistry teaching, stoichiometry, virtual learning object [VLO].

The teaching processes of stoichiometry constitute a true challenge for educators, as they involve different chemical-mathematical processes that can hinder students' comprehension. In this regard, virtual learning objects represent a suitable tool for integrating technology and enhancing learning processes. The present study aims to implement a learning object [LO] that enables the construction of meaningful learning in the teaching of stoichiometry among secondary education students. It is guided by the quasi-experimental method with a pretest and posttest design carried out in three phases: pretest administration, LO implementation, and posttest administration. The results show improved outcomes in the posttest with greater mastery of concepts such as mass, volume, and molarity in stoichiometric processes, enabling students to theoretically assimilate situations, formulate arguments, and solve problems. It is concluded that teaching stoichiometry through meaningful practices demonstrates an increase in students' interest and motivation. It encourages the critical and objective construction of scientific knowledge in relation to prior knowledge and personal perspective. Furthermore, it enhances understanding and assertive communication of chemical phenomena.

\*Corresponding author.

E-mail address: pabloquimica1@hotmail.com (Pablo César Urbano-Mantilla)



Peer review is the responsibility of the Universidad Francisco de Paula Santander.  
This is an article under the license CC BY 4.0

## Introducción

Los estudiantes de educación media experimentan dificultades de comprensión durante el proceso de aprendizaje de la asignatura de química, específicamente en las temáticas correspondientes a la estequiometría. Ndlovu y Malcolm (2022) Debido al carácter abstracto y complejo de los contenidos; a la integración de conceptos teóricos, matemáticos y las interacciones químicas a nivel molecular de diferentes sustancias que se transforman en nuevas con características propias (Malcolm et al., 2019; Bopegedera, 2019). El aprendizaje de los cálculos químicos presenta un gran desafío, en tanto requiere del dominio de procesos como el balanceo de ecuaciones, la aplicación de diferentes métodos y la articulación de procesos químico-matemáticos (Ministerio de Educación Nacional [Mineducación], 2004; Taber, 2019; Purba et al., 2021).

En este mismo sentido, autores como (Prasad et al., 2022), afirman que: aunque, los conceptos básicos de la química indican con claridad que las reacciones químicas no experimentan pérdida de materia o sustancia; comprender esto, con sus implicaciones no es sencillo y requiere una adecuación didáctica para evitar confusiones. En particular, el balanceo de ecuaciones químicas que involucra varios métodos, como óxido-reducción, tanteo, método de ion-electrón y método algebraico, entre otros (Bopegedera, 2019).

En este trabajo, se asume la estequiometría como el estudio de las relaciones cuantitativas entre los elementos y sustancias que intervienen en una reacción química. Las relaciones pueden ser: entre reactivos y productos, sólo entre reactivos o sólo entre productos. La definición incluye los componentes componentes: 1) conceptos básicos (materia, conversión de unidades, teoría de las reacciones químicas, procesos de balanceo de ecuaciones, concentración de soluciones químicas-físicas, teoría cinética de los gases, gases ideales); 2) relación molar (se reconstruye el concepto mol); 3) relación en masa y 4) relación en volumen (teniendo

en cuenta la solución a problemas con coeficientes estequiométricos). En todo caso, cualquier cálculo estequiométrico que se lleve a cabo, debe hacerse en base a una ecuación química balanceada, para asegurar que el resultado sea correcto (Fontalvo & Alzate, 2018).

La revisión de la literatura muestra que las principales dificultades en el aprendizaje de la estequiometría se encuentran relacionadas con el insuficiente razonamiento sobre el tema de conservación de la masa, lo cual dificulta determinar cuáles son los reactivos, los productos de la reacción química y los cálculos requeridos para resolver las relaciones cuantitativas de las sustancias y compuestos (Shadreck & Enunuwe, 2018). Falencias en la comprensión de conceptos como densidad, mol en la aplicación de fórmulas o ecuaciones que requieren despeje de incógnitas. (Parga-Lozano & Piñeros-Carranza, 2018; Makhechane & Qhobela, 2019; Bopegedera, 2019). Se incluyen también dificultades básicas como desconocimiento en el lenguaje químico, falta de conexión entre procedimientos y conceptos fundamentales, desorganización en la solución de problemas (Espinosa et al., 2016).

### Aprendizaje significativo y la enseñanza de la Estequiometría.

La enseñanza de la estequiometría ha estado marcada por un énfasis en lo procedimental, memorístico, muchas veces descontextualizado de los fenómenos y bajo una evaluación tradicional del aprendizaje (Ordaz & Britt, 2018), lo que se traduce en prácticas que ponen el acento en contenidos, desarrollo de ejercicios homogéneos, preguntas procedimentales, datos y variables sin aplicación. A estas dificultades se suman pobres prácticas de laboratorio que niegan la oportunidad de plantear diferentes alternativas de comprensión para aquellos estudiantes que requieren mayor refuerzo en sus metas de aprendizaje (Reyes-Cárdenas, 2019; Makhechane & Qhobela, 2019).

Los enfoques de enseñanza actuales están centrados en el aprendizaje de los estudiantes y los docentes llamados a actuar como facilitadores (Candela-Rodríguez & Cataño-Pereira, 2019; Murillo & Tirado, 2020). En este sentido, el aprendizaje significativo implica, en la estequiometría procesos de aprendizaje retadores, que involucran al estudiante con entornos enriquecidos por recursos, actividades e interacciones significativas que favorezcan aprendizajes de calidad y sean coherentes con sus intereses y necesidades. (Benítez et al., 2020). Según Zamarreño y Loyola (2022) la motivación y la activación de conocimientos previos son fundamentales para la apropiación de procesos de aprendizaje significativos, es decir, el estudiante debe involucrarse activamente a partir de intereses y problemas relacionados con su contexto, su experiencia y la interacción, para facilitar el ensanchamiento de representaciones mentales y la construcción de conceptos significativos. En otras palabras, aprendizaje significativo en estequiometría implica promover la construcción activa del conocimiento, considerar las limitaciones de procesamiento de los estudiantes y utilizar múltiples representaciones (Makhechane & Qhobela, 2019).

Es claro, que la metodología de enseñanza involucra al maestro, sus concepciones de enseñanza, prácticas pedagógicas, rutinas, estrategias, procesos de evaluación, etc., que requieren un ejercicio del docente para hacerlos conscientes y explícitos que le permitan convertir la metodología de enseñanza en una fortaleza del aprendizaje transformando el conocimiento científico en formas comprensibles para los estudiantes (Makhechane & Qhobela, 2019). En este sentido, muchos estudiantes llegan a clase con ideas que no corresponden con las definiciones científicas y no están en capacidad de relacionarlas adecuadamente, con conceptos y procesos químicos (Gómez et al., 2019). Por ello, se plantea iniciar desde la cotidianidad del estudiante, pre-saberes, intereses y motivaciones, lo cual hace pertinente los contenidos y acerca el mundo de la química al relacionar lo tangible con lo abstracto, la articulación

de la experiencia con sus representaciones mentales (Becerra et al., 2021; Zompero et al., 2022).

### **El OVA como recurso de enseñanza aprendizaje en Estequiometría.**

Para el Mineducación (2017) el OVA es un material estructurado de forma significativa, asociado a un propósito educativo, el cual puede ser integrado y consultado en el aula. Autores como Pratiwi et al. (2020) afirman que se pueden diseñar prácticas de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría (prácticas de laboratorio, mapas conceptuales, creación de proyectos, elaboración de productos de uso cotidiano) con el apoyo de estos recursos digitales y de herramientas multimedia que llamen la atención y motiven al estudiante a la consecución de los objetivos educativos. En este sentido, se pueden alcanzar aprendizajes significativos al integrar recursos TIC (Tecnologías de la información y la Comunicación), y desarrollar procesos eficientes que faciliten la construcción del conocimiento de una forma estructurada, dinámica y activa, mientras se desarrollan competencias que permiten al estudiante comprender y resolver situaciones relacionadas con la química en su cotidianidad.

La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019), plantea que la integración de recursos tecnológicos puede facilitar actividades como la selección y comparación de la información, elaboración de organizadores del conocimiento, la interacción con los contenidos, la acción comunicativa entre pares, la realización de análisis críticos – reflexivos, la interpretación de múltiples situaciones problema y la toma de decisiones en su solución, lo que extiende las posibilidades de apropiación del conocimiento e implica la transformación del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se requiere de una profunda reflexión pedagógico-didáctica para que este recurso promueva nuevas formas de enseñar y aprender (Lorduy & Naranjo, 2020).

Es claro que los recursos de enseñanza digitales pueden desempeñar un papel crucial en el desarrollo de habilidades de pensamiento y conseguir mejorar la experiencia de aprendizaje y la comprensión de los estudiantes (Benítez, et al., 2020). Específicamente, en la comprensión de las estructuras tridimensionales de los átomos que constituyen una molécula (conformación), se presentan desafíos significativos. En este contexto, se han construido modelos moleculares digitales que permiten mejores opciones de interactividad, valores de unión y mayor precisión de las técnicas de visualización científica que mejoran la comprensión de la estructura molecular, y que pueden ser fácilmente incorporadas en los OVA (Wiyarsi et al., 2018; Purba et al., 2021).

Finalmente, la integración de los OVA ofrece potencialmente otras ventajas, entre ellas, la posibilidad de fomentar fuertes interacciones entre estudiante-problema/contexto, estudiante-docente, estudiante-estudiante, lo cual facilita la flexibilización de los procesos de aula, por unos más personalizados, que responden en mejor medida a expectativas, ritmo, motivaciones del estudiante y permiten asumir a cabalidad las implicaciones pedagógicas de los problemas químicos abordados (Sinaga, 2019). Por lo tanto, se plantea como objetivo de investigación implementar un objeto de aprendizaje OVA que permita la construcción de aprendizajes significativos en la enseñanza de la estequiometría en estudiantes de educación media. En este contexto, se espera que los estudiantes apropien de manera significativa los conceptos, teorías y leyes concernientes a la estequiometría para así, desarrollar las actividades, contextualizarlas con su entorno y poder transferir su conocimiento a la comprensión de nuevos fenómenos.

## Metodología

Corresponde a un estudio con enfoque cuantitativo y un método cuasi-experimental, que permite adelantar una intervención a una muestra de participantes (estudiantes) en la que se comprueban

o evalúan los efectos a partir del tratamiento (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Se aplica un diseño de prueba pre-test y post-test: Y1 y Y2 respectivamente, a un solo grupo (Y) sobre el que se realiza una observación previa a la intervención (Y1: Pre-test [Prueba Diagnóstica]) y una posterior a la intervención (Y2: Post-test [evaluación]); (X: tratamiento [secuencia didáctica OVA]). Este diseño, permite analizar el objeto de estudio a partir de un grupo de participantes previamente conformado (grado undécimo). No se realiza selección aleatoria, puesto que el grupo de estudiantes se conforma al inicio del año escolar, no cuenta con grupo control.

## Operacionalización de Variables

La Tabla I, configura el conjunto de variables estudiadas. Variable independiente: Secuencia didáctica OVA, como herramienta pedagógica para el desarrollo de los conceptos de estequiometría. Afecta a la variable dependiente: conocimientos en estequiometría (conceptos básicos).

Tabla I. Operacionalización De Las Variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Variable independiente: Secuencia didáctica, OVA.	OVA	Momentos secuencia didáctica: inicio, desarrollo, cierre. Coherencia didáctica: entre objetivos de aprendizaje, contenidos, recursos y actividades.
Variable dependiente: conocimientos estequiometría.	Conceptos básicos de estequiometría	Conceptos Básicos Relación Molar Relación en Masa Relación en Volumen

## Hipótesis

*Hipótesis General: La implementación de una secuencia didáctica OVA mejora los conocimientos en estequiometría (conceptos básicos).*

*Hipótesis de investigación (HI): La calificación obtenida en el puntaje del postest supera la del pretest.*



*Hipótesis nula (H0): La calificación obtenida en el puntaje del postest no supera la del pretest o no hay diferencia entre el puntaje del pretest y postest.*

### Población y Muestra

La población objeto de estudio está conformada por los estudiantes de grado once del colegio Jaime Garzón. Corresponde a una institución educativa de carácter oficial, ubicada en la zona urbana de la ciudad de Cúcuta, Norte de Santander que oferta los niveles de preescolar, básica y media técnica. La población total corresponde a 35 estudiantes de grado once, que se encuentran en un rango de edad entre 15 a 17 años. La muestra no probabilística, estuvo conformada por 28 estudiantes que cumplieron con los criterios previstos para el desarrollo del estudio: a) aceptación de padres y estudiantes del protocolo de consentimiento informado b) asistencia y disposición a todas las actividades realizadas (De Helsinki, 2013).

### Instrumentos de Investigación

Como instrumentos para la recolección de la información se diseña el cuestionario pretest – postest y la secuencia didáctica del OVA, que se describen a continuación.

Cuestionario pretest – postest. Consta de 20 preguntas basadas en ejercicios de conceptos básicos de estequiometría y situaciones cotidianas. Las preguntas se tomaron de las pruebas de Estado Saber-ICFES grado 11 ciencias naturales (Mineducación, 2018; 2021), de acuerdo con el formato de preguntas contextualizadas de selección múltiple con única respuesta, el cual debe ser confirmado por el estudiante a través del desarrollo del proceso de resolución del problema donde se incluyen las operaciones. La estructura del cuestionario en cuanto a dimensiones y contenido se presenta en la Tabla II:

**Tabla II.** Dimensiones Que Estructuran La Prueba Pretest Y Postest

DIMENSIÓN	DESCRIPCIÓN	ÍTEMS
Conceptos Básicos	Corresponde a los conceptos básicos necesarios para resolver problemas de estequiometría: materia, conversión de unidades, teoría de las reacciones químicas, balanceo de ecuaciones, concentración de soluciones (químicas y físicas), teoría cinética de los gases, gases ideales.	2, 7, 9, 16, 20
Relación Molar	Referente al procedimiento para establecer la relación que existe entre el número de moles de una sustancia y el número de moles de otra. Cada ejercicio requiere que los datos sean llevados a moles para ir de reactivos a productos o viceversa.	4, 11, 15, 17, 19
Relación en Masa	Definida por los procedimientos para establecer la relación de masa desde los reactivos hacia los productos o viceversa.	3, 6, 10, 12, 18
Relación en Volumen	Contiene los conceptos de relación en volumen ya sea como solución o como gas. En solución requiere revisar la concentración (física o química), su manejo como líquido y su transformación a volumen. En gas, requiere la ecuación general de los gases ideales.	1, 5, 8, 13, 14

### Secuencia didáctica del OVA

Se construye desde el enfoque del aprendizaje significativo basado en los resultados de la prueba diagnóstica o pretest. Los elementos que configuran su estructura comprende (Campos et al., 2021): a) conceptos disciplinarios, permite identificar los conceptos estructurantes, definir las relaciones entre subconceptos y procedimientos, establecer las dificultades conceptuales, b) procedimientos de enseñanza, permite distinguir las actividades/recursos más idóneos para la apropiación de los conceptos y alcanzar los propósitos formativos, c) características del sujeto cognoscente y su contexto, define los intereses, pre-saberes y expectativas propios del estudiante y su entorno para profundizar en las relaciones conceptuales que favorecen la comprensión y resolución de problemas estequiométricos.

Los momentos de desarrollo de la secuencia didáctica son: 1) Inicio, corresponde a las actividades de sensibilización de la temática e indagación de conocimientos previos, 2) Desarrollo, referente a las tareas de construcción y aplicación de conceptos científicos, detección de errores, emisión y fundamentación de hipótesis, elaboración de diseños experimentales, 3) Cierre, se realizan tareas de identificación de dificultades, elaboración de síntesis y autoevaluación (Molano-Puentes et al., 2018).

### Confiabilidad y Validez de los Instrumentos

Se aplica la técnica de valoración por juicio de expertos para la prueba pretest/postest y la secuencia didáctica del OVA. Participaron tres profesores especialistas en las áreas de química e investigación, aportando correcciones para mejorar la redacción de las pruebas y aclarar posibles términos desconocidos para los estudiantes. Realizada las respectivas correcciones se procede a aplicar la prueba piloto de pretest/postest a una muestra representativa de estudiantes obteniendo los siguientes valores por ítem (Ver Tabla III):

Tabla III. Alfa De Cronbach Según Ítems Prueba Pretest/Postest

ÍTEMS	ALFA DE CRONBACH	ÍTEMS	ALFA DE CRONBACH
1	0,78	11	0,80
2	0,74	12	0,75
3	0,81	13	0,77
4	0,80	14	0,77
5	0,82	15	0,81
6	0,78	16	0,80
7	0,81	17	0,81
8	0,78	18	0,80
9	0,82	19	0,82
10	0,81	20	0,80

El Alfa de Cronbach del instrumento arroja como resultado 0,79 considerado confiable, según la escala de valoración para este tipo de análisis (Frías-Navarro, 2022).

### Procedimiento del Trabajo de Campo

El trabajo de campo se desarrolló a partir de tres fases: 1. diseño y aplicación de la prueba pretest,

2. diseño e implementación del OVA a través de la secuencia didáctica, 3. aplicación de la prueba postest.

#### FASE 1. Diseño y aplicación de la prueba pretest

Una vez diseñado y validado la prueba pretest se procede a la aplicación. Para tal fin, se realizó un encuentro presencial de dos horas, jornada de la mañana, de acuerdo con el horario habitual dispuesto para la clase de química. Inicialmente, el investigador expuso los objetivos de la prueba y explico su contenido, posteriormente, los estudiantes participaron de manera individual en el desarrollo y resolución de los ejercicios propuestos.

#### FASE 2. Diseño e implementación del OVA a través de la secuencia didáctica

Con la información de la prueba diagnóstica se define la construcción de la secuencia didáctica OVA, en la que planean tres encuentros para su ejecución. El primer momento se desarrolla de manera presencial en el colegio, con una duración de dos horas. Se resuelven las actividades propuestas para la secuencia didáctica referente a: reconocimiento de procesos estequiométricos, aplicabilidad de estos procesos, formulación de estrategias para resolver problemas a partir de los conceptos teóricos y desarrollo de juegos serios en relación a estos contenidos. También se realizaron actividades de socialización para el reconocimiento y uso del OVA. El segundo momento se adelanta de manera virtual, donde los estudiantes interactuaron y realizaron individualmente las actividades contenidas en el OVA, el tiempo estimado de cuatro horas. El tercer encuentro se realiza en dos horas, de manera presencial, en las instalaciones del colegio. Se desarrolló la retroalimentación de los resultados de cada una de las actividades, se socializaron los errores presentados y se adelantaron actividades de reflexión y evaluación de procesos metacognitivos.

### FASE 3. Aplicación de la prueba postest

Se aplica la prueba postest correspondiente a la misma prueba pretest. Se realiza un encuentro presencial posterior a la aplicación del OVA con una duración de dos horas. La evaluación de estas pruebas se realiza a partir de una rúbrica que determina los niveles de desempeño de los estudiantes, así como las fortalezas, debilidades y el grado de apropiación de los conceptos sobre estequiometría. La escala de valoración corresponde a: Muy Bajo (0,0 - 2,9), Bajo (3,0 - 5,9), Básico (6,0 - 7,9), Alto (8,0 - 8,9), Superior (9,0 - 10).

### Resultados y Discusión

Las siguientes tablas presentan los estadísticos descriptivos de la prueba pretest y postest respectivamente, de acuerdo con las dimensiones seleccionadas: conocimientos básicos, relación molar, masa y volumen.

Tabla IV. Estadísticos Descriptivos Prueba Pretest

	Conoc/ Básicos Test	Relación Molar Test	Relación Masa Test	Relación Volumen Test
Válido	28	28	28	28
N Perdidos	0	0	0	0
Media	6,43	7,07	6,07	6,07
Error estándar de la media	0,347	0,333	0,405	0,317
Mediana	6,00	7,00	6,00	6,00
Moda	6	6	6	6
Desviación estándar	1,834	1,762	2,142	1,676
Varianza	3,365	3,106	4,587	2,810
Rango	8	6	8	6
Mínimo	2	4	2	4
Máximo	10	10	10	10

La Tabla IV evidencia que, en el pretest los resultados más altos corresponden a la dimensión: relación molar, de acuerdo con la comparación de medias por dimensión. Se esperaba que el componente más alto fuese el de conocimientos básicos de estequiometría, por cuanto integra los conceptos fundamentales para desarrollar los demás componentes. Sin embargo, dentro de las debilidades identificadas, está la dificultad para comprender que

la masa molar es diferente en cada molécula, falta de comprensión del concepto y uso de unidades y énfasis en la perspectiva procedimental matemática para resolver problemas estequiométricos. De este modo, la situación aparentemente contradictoria, o tendencia no esperada, se podría explicar al encontrar que los conocimientos básicos estequiométricos son suficientemente amplios y participan en todas las relaciones estudiadas (Raviolo et al., 2021).

Tabla V. Estadísticos Descriptivos Prueba Postest

	Relación Volumen Postest	Relación Masa Postest	Relación Molar Postest	Conoc/ Básicos Postest
Válido	28	28	28	28
N Perdidos	0	0	0	0
Media	7,21	7,43	7,86	7,29
Error estándar de la media	,314	,306	,271	,295
Mediana	8,00	8,00	8,00	8,00
Moda	6 <sup>a</sup>	6 <sup>a</sup>	8	8
Desviación estándar	1,663	1,620	1,433	1,560
Varianza	2,767	2,624	2,053	2,434
Rango	6	6	4	6
Mínimo	4	4	6	4
Máximo	10	10	10	10

a. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

La Tabla V muestra que el valor de las medias de las cuatro dimensiones se encuentra alrededor de 7,0 mejorando significativamente el valor obtenido en la prueba pretest. También se destaca que en las dos pruebas (pretest y postest) el valor más alto se obtiene en la dimensión de relación molar. A continuación, se describe el comparativo de los desempeños en relación a las dimensiones destacando fortalezas y dificultades (Tabla VI).

Tabla VI. Comparativo Desempeños Vs. Dimensiones En Pretest/Postest

Dimensión	Prueba	Muy bajo	Bajo	Básico	Alto	Superior
		(0,0-2,9)	(3,0-5,9)	(6,0-7,9)	(8,0-8,9)	(9,0-10)
Conceptos básicos	Pret %	3,6	14,3	46,4	28,6	7,1
	Post %	0,0	7,1	32,1	50,1	10,7
Relación molar	Pret %	0,0	10,7	39,3	35,7	14,3
	Post %	0,0	0,0	28,6	50,0	21,4
Relación masa	Pret %	10,7	14,3	42,9	25,0	7,1
	Post %	0,0	3,6	39,3	39,2	17,9
Relación volumen	Pret %	0,0	28,6	50,0	14,3	7,1
	Post %	0,0	10,7	35,7	42,9	10,7

### Dimensión Conceptos Básicos

Se evidencia que aproximadamente el 60% de los estudiantes se encuentra en un nivel de desempeño alto-superior, en comparación con el pretest (35%), lo cual demuestra que mejoraron significativamente en esta dimensión del conocimiento. Sin embargo, existe un 39% que se encuentra en el nivel bajo-básico es decir, aprueban con debilidades que se identifican a continuación: 1) falencias en la comprensión de conceptos como nomenclatura, reacciones y balanceo de ecuaciones. 2) Dificultad para seguir procesos y obtener la respuesta apropiada. 3) Dificultad en la simplificación y conversión de unidades, solo tienen en cuenta los valores numéricos y al final del proceso desconocen la unidad en que obtienen los resultados. 4) Confusión en la identificación de compuestos con su nomenclatura. 5) Confusión en el manejo de las cargas o compuestos al realizar el balanceo de la reacción. Para hacer frente a esta situación, es necesario reconocer que los estudiantes poseen un conocimiento base que favorece la construcción de nuevos aprendizajes y hace posible la construcción de un aprendizaje significativo (Lansangan et al., 2018).

Llama la atención que a pesar de la mejora en los resultados del postest y que autores como Barrios et al. (2021) afirman que en la construcción del conocimiento es importante la articulación de los conocimientos previos con los nuevos ya que los estudiantes aprenden sobre la base de lo que ya conocen. Se evidencia que las principales dificultades identificadas en el pretest se mantienen en el postest.

### Dimensión Relación Molar

El 70% de los estudiantes se ubica en el nivel alto-superior según el postest evidenciando mejores resultados y competencias para adelantar procedimientos y resolver problemas de carácter molar. Solo el 28% de los estudiantes se concentran en el nivel básico correspondiente al nivel mínimo de aprobación, lo cual evidencia algunas debilidades con cierto grado de comprensión. Estas se identifican como: 1) apropiación de los conceptos de cantidad de sustancia y de mol que se confunde con masa molar. 2) Uso inadecuado de los coeficientes, dado que deben utilizar los datos de los compuestos, por ejemplo, en gramos sin dejar de lado su coeficiente de reacción. 3) Conversión de unidades al utilizar diferentes unidades de medida. Situación que se evidencia por el aprendizaje memorístico de la teoría la cual no es relacionada con problemas prácticos o de su entorno (Tamayo et al., 2018). Contrario a los resultados de la presente investigación, algunos autores como Rantih et al. (2019), entienden que la dimensión molar es una de las que presentan mayores desafíos a los estudiantes, cuando afirma que la transformación de moles a masa o volumen es problemática desde el punto de vista del procedimiento porque el estudiante debe cambiar los compuestos de inicio, para resolver la reacción y posteriormente transformarlos en la disposición solicitada.

### Dimensión Relación en Masa

Aproximadamente el 57% de los estudiantes se encuentran en el nivel alto-superior según la prueba postest. El grupo restante (42%) presenta algún tipo de dificultad que se centran en: 1) El manejo de las unidades de masa especialmente, cuando se usan unidades diferentes al gramo para iniciar el proceso de relaciones estequiométricas. 2) La comprensión del concepto de conservación de la masa y la energía como proceso estequiométrico. Situación que se manifiesta porque los estudiantes no asimilan que la cantidad de materia que inicia debe ser equivalente a la cantidad de materia que se forma al final



(Andayani et al., 2018; Wardah & Wiyarsi, 2020). 3) El manejo del procedimiento para obtener gramos de producto a partir de gramos de reactivo, más aún, cuando el proceso es de productos a reactivos. En esta dimensión es importante que cada estudiante contextualice semánticamente los conceptos que debe aprender, lo cual determinará las relaciones que pueda establecer entre ellos, y estas relaciones condicionarán fuertemente la construcción de su modelo mental y por tanto la comprensión (Sangguro et al., 2020).

### Dimensión Relación en Volumen

Aproximadamente el 52% de los estudiantes se encuentra en un nivel de desempeño alto-superior según la prueba postest. Sin embargo, un grupo aproximado de 45% se encuentra en el nivel bajo-básico, evidenciando algunas debilidades en: 1) manejo de unidades, específicamente cuando se usan unidades diferentes al litro. 2) Uso de algunas leyes de gases ideales para obtener un resultado intermedio que sea consecución del procedimiento para obtener el resultado final. 3) Reacciones de cambio de estado sólido y líquido a gas dentro del proceso estequiométrico, confundiendo el uso de las moles o gramos del producto inicial para hallar el volumen del producto final. 4) Concentraciones en soluciones en estado gaseoso. Algunos autores afirman que estas situaciones se presentan porque los estudiantes confunden los conceptos o utilizan los que no son para hallar los datos faltantes y poder continuar con el proceso (Körhasan et al., 2018). 5) Uso de coeficientes estequiométricos que cambian de valor durante la reacción. Los estudiantes no asimilan que el elemento puede variar dependiendo de la forma como se presente y como se transforme el compuesto con la concentración y estado de la materia (López-Valentín, 2020). La persistencia de las dificultades en los procesos de enseñanza aprendizaje de la estequiometría, requiere un esfuerzo en la adecuación didáctica del contenido que integre diferentes representaciones y tenga en cuenta las debilidades de los estudiantes (Bopegedera, 2019).

A continuación, se muestran los resultados en cuanto a la cantidad de preguntas resueltas correctamente según la prueba pretest y postest (Figura 1):



Figura 1. Comparativo estudiante y pregunta resuelta (pretest/postest).

La Figura 1 evidencia que cinco estudiantes (E1, E6, E13, E16, E22), obtuvieron mejoras significativas en comparación con el resto de grupo, los cuales avanzaron levemente.

La siguiente Tabla VII presenta el consolidado del nivel de desempeño alcanzado por los estudiantes de acuerdo con la prueba postest. Las dificultades que permanecen en los estudiantes están relacionadas con las habilidades matemáticas (relacionadas con proporciones y razones) y equilibrio de ecuaciones. Específicamente, al configurar correctamente dos fracciones equivalentes y comprender escenarios abstractos de aplicación de la proporción. Lo cual coincide con la revisión de la literatura (Ndlovu & Malcolm, 2022).

Tabla VII. Consolidado Nivel De Desempeño Postest

NIVEL DE DESEMPEÑO	PUNTAJE	PORCENTAJE DE ESTUDIANTES
Superior	9,0 - 10	10,7%
Alto	8,0 - 8,9	25,0%
Básico	6,0 - 7,9	60,7%
Bajo	3,0 - 5,9	3,6
Muy Bajo	0,0 - 2,9	0,0

La Tabla VII evidencia que el 60,7% de los estudiantes se encuentra ubicado en el nivel básico de desempeño, lo cual indica que más de la mitad del grupo evaluado presenta algún tipo de dificultad al comprender y/o resolver problemas estequiométricos, aunque hayan superado la prueba. Se resalta que el porcentaje de estudiantes que no comprende y tiene dificultades para la resolución de ejercicios y problemas disminuyó (3,6%). El 35,7% de los estudiantes se ha apropiado de los conocimientos estequiométricos y pueden resolver con suficiencia los diferentes ejercicios y actividades. Si bien se trata de un porcentaje significativo, se evidencia que no alcanza a ser la mitad de la muestra.

La Figura 2 muestra la distribución de los resultados según el nivel de desempeño de los estudiantes en el pretest y postest.

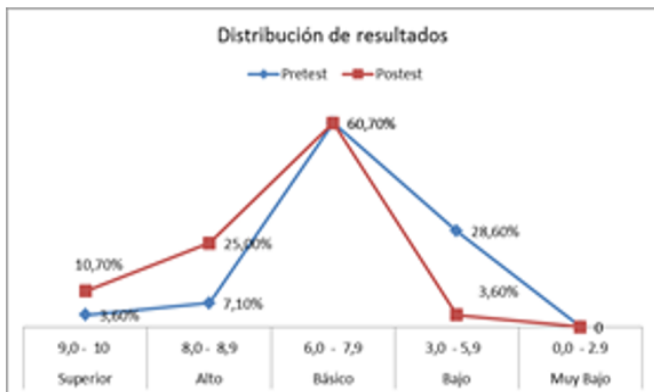


Figura 2. Distribución de resultados según nivel de desempeño.

Se evidencia que en el postest aumentó el porcentaje de estudiantes que se ubicó en alto y disminuyó significativamente el porcentaje de estudiantes que se encuentran en bajo. Sin embargo, se puede constatar que el porcentaje de estudiantes que agrupa la mayor cantidad se mantuvo estable y corresponde al desempeño básico. Esto demuestra que aún persisten dificultades en el proceso de comprender conceptos y/o resolver problemas estequiométricos.

Finalmente, la Tabla VIII presenta el criterio de decisión estadística sobre la hipótesis de investigación:

Sí la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} \leq \alpha$ , rechace  $H_0$  (se acepta  $H_1$ )

Sí la probabilidad obtenida  $P\text{-Valor} > \alpha$ , rechace  $H_1$  (se acepta  $H_0$ )

Tabla VIII. Criterio De Decisión Estadística

NORMALIDAD	
P-Valor = 0.002	< $\alpha = 0.05$
Conclusión:	La probabilidad obtenida P-Valor $\leq \alpha$ , se acepta la hipótesis del Investigador.
Observación:	Hay una diferencia significativa entre los resultados suministrados por el pretest y el postest al ser aplicada la secuencia didáctica OVA. Por lo cual, se concluye que el tratamiento adelantado (secuencia didáctica OVA), sí tiene efectos significativos en el aprendizaje de la estequiometría por parte de los estudiantes.

Según la Tabla VIII, el desempeño mostrado en la prueba postest fue superior al mostrado inicialmente en la prueba pretest. Se puede establecer mayor comprensión de los contenidos curriculares, brindando dinamismo y significado al proceso de enseñanza y aprendizaje de la estequiometría (Romero-Vega, 2021).

## Conclusiones

Dada la necesidad de promover competencias científicas que permitan a los estudiantes la capacidad de interpretar situaciones o fenómenos, argumentar sus análisis y proponer soluciones a problemas de tipo estequiométrico, se hace necesario el desarrollo de prácticas significativas, que propicien la construcción crítica y objetiva del conocimiento científico, involucrando competencias de identificación, indagación, comunicación y explicación. En relación con los pre-saberes, la perspectiva personal y científica, que les permitirá comprender los fenómenos químicos y comunicar sus ideas de manera asertiva.

El OVA permitió considerar el conocimiento disciplinario, las estrategias pedagógico-didácticas y las necesidades educativas. Lo cual favoreció la articulación de la estructura, las actividades y los recursos para ofrecer nuevas posibilidades de integrar contenidos estructurados, adecuados y contextualizados que promueven la renovación de la práctica docente y mejoran el aprendizaje de los estudiantes. Así mismo, aumentan de manera significativa el interés y la motivación por el aprendizaje de temas complejos y necesarios como la estequiometría. Se reconoce que los recursos de enseñanza y las actividades desempeñan un papel crucial en el desarrollo de aprendizajes.

En este sentido, las actividades interactivas de la secuencia didáctica OVA, generaron gran expectativa, a diferencia de las desarrolladas a través de procesos mecánicos. Se evidenció el interés, la disposición y la motivación durante el desarrollo de las actividades y sus logros generaban confianza para seguir avanzando. Los estudiantes afirmaron, en la evaluación, que la clase era diferente porque no solo se trataba de hacer ejercicios, sino que, debían plantear, explicar previamente posibles causas o efectos, adentrarse en las diferentes situaciones y buscar nuevas perspectivas para comprender el problema y resolverlo, cambiar de rol y ponerse en situación de investigador.

Los resultados de este estudio no son generalizables por las especificaciones y limitaciones de la muestra. Sin embargo, existe coincidencia con la literatura en la identificación de las principales dificultades y los problemas presentados en los procesos de enseñanza aprendizaje de la estequiometría. Si bien, mejoraron los resultados, entre el pretest y el postest, se evidencia que persisten las debilidades en los estudiantes. Queda pendiente la necesidad de reflexionar por parte de los docentes sobre los obstáculos de comprensión en la enseñanza de la estequiometría.

## Referencias

- Andayani, Y., Hadisaputra, S., & Hasnawati, H. (2018). Analysis of the level of conceptual understanding. *Journal of Physics: Conference Series*, 1095(012045). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1095/1/012045>
- Barrios, A., Betancourt, J. L., Pejendino, V., & Solarte, I. (2021). El aprendizaje significativo a partir de la indagación guiada como estrategia didáctica en las ciencias naturales. *Revista Electrónica EDUCyT*, 11(Extra), 1491–1504.
- Becerra, A. M., Salesiano, D. A. P. M. C., & De Tunja, M. (2021). *La enseñanza de las reacciones químicas y la estequiometría mediadas por TIC y la experimentación. Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 3241-3247. Recuperado de <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/download/14985/9809/45338>
- Benítez, A. A., Castañeda, A. M., & Sánchez, R. (2020). Estequiometría como unidad de aprendizaje en el nivel medio superior del IPN. Análisis desde la docencia. *RIDE, Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 10(20). <https://doi.org/10.23913/ride.v10i20.640>
- Bopegedera, A. M. R. P. (2019). Preventing Mole Concepts and Stoichiometry from Becoming “Gatekeepers” in First Year Chemistry Courses. In S. Kradtap & T. Gupta, *Enhancing Retention in Introductory Chemistry Courses: Teaching Practices and Assessments* (pp. 121-136). American Chemical Society.
- Candela-Rodríguez, B. F., & Cataño-Pereira, R. (2019). Design of a Hypothetical Learning Progression for Teaching Stoichiometry through Conceptual and Integrated Understanding. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (45), 107-120.

- Campos, M., Candeu, L. W., Silva, E., & Figueiredo, B. H. (2021). Química e a alimentação: Uma sequência didática para o ensino de Química utilizando os três momentos pedagógicos para o ensino de funções inorgânicas. *Research, Society and Development*, 10(14), 1-10.
- De Helsinki, D. (2013). *Declaración de Helsinki de la AMM. Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. Asociación Médica Mundial*. Recuperado de <https://www.wma.net/es/policias-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/>
- Espinosa, A. A., Rebecca, C., & Marasigan, A. C. (2016). Investigating pre-service chemistry teachers' problem solving strategies: Towards developing a framework in teaching stoichiometry. *Journal of Education in Science Environment and Health*, 2(2), 104-124.
- Frías-Navarro, D. (2022). *Apuntes de estimación de la fiabilidad de consistencia interna de los ítems de un instrumento de medida*. España: Universidad de Valencia.
- Fontalvo, F., & Alzate, M. V. (2018). El Concepto de Reacción Química: una experiencia significativa en estudiantes universitarios. *Revista Internacional De Aprendizaje En Ciencia, Matemáticas Y Tecnología*, 4(2), 1-8. <https://doi.org/10.37467/gka-revedumat.v4.1641>
- Gómez, Y. I., Ballesteros, M. D., & Sanabria, Q. A. (2019). Representaciones científicas en la enseñanza de la química: un reconocimiento de los niveles representacionales de la materia. *Revista del Sistema de Práctica Pedagógica y Didáctica*, (59), 33-41. <https://doi.org/10.17227/PPDQ.2019.num59.11325>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. México: McGrawHill.
- Körhasan, N. D., Eryılmaz, A., & Erkoç, S. (2018). The role of metacognition in students' mental models of the quantization. *Science Education International*, 29(3), 183-191.
- Lansangan, R. V., Orleans, A. V., & Camacho, V. M. I. (2018). Assessing conceptual understanding in chemistry using representation. *Advance Science Letters*, 24(11), 7930-7934. <https://doi.org/10.1166/asl.2018.12459>
- López-Valentín, D. M. (2020). Diseño e implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de elemento químico en educación secundaria. *Revista Praxis & saber*, 11(27), e11116.
- Lorduy, D. J., & Naranjo, C. P. (2020). Tecnologías de la información y la comunicación aplicadas a la educación en ciencias. *Praxis & Saber*, 11(27), e11177. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n27.2020.11177>
- Makhechane, M., & Qhobela, M. (2019). Understanding How Chemistry Teachers Transform Stoichiometry Concepts at Secondary Level in Lesotho. *South African Chemical Institute*, 72, 59-66. <https://doi.org/10.17159/0379-4350/2019/v72a9>
- Malcolm, S. A., Mavhunga, E., & Rollnick, M. (2019). The validity and reliability of an instrument to measure physical science teachers' topic specific pedagogical content knowledge in stoichiometry. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 23(2), 181-194.
- Ministerio de Educación Nacional. (2004). *Estándares Básicos de Competencias en Ciencias Naturales y Ciencias Sociales*. Bogotá: Mineducación.



- Recuperado de [https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033\\_archivo\\_pdf.pdf](https://www.mineduacion.gov.co/1780/articles-81033_archivo_pdf.pdf)
- Ministerio de Educación Nacional. (2017). *Objetos virtuales de aprendizaje – OVA. Bogotá: Mineduación*. Recuperado de <https://bit.ly/3Hkcwqi>
- Ministerio de Educación Nacional. (2018). *Cuadernillo de preguntas saber 11. Prueba de ciencias naturales*. Bogotá: Mineduación. Recuperado de <https://bit.ly/3W3m8dm>
- Ministerio de Educación Nacional. (2021). *Cuadernillo de preguntas saber 11. Prueba de ciencias naturales*. Bogotá: Mineduación. Recuperado de <https://bit.ly/3Y9YHRc>
- Molano-Puentes, F. U., Alarcón-Aldana, A. C., & Callejas-Cuervo, M. (2018). Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia. *Praxis & Saber*, 9(21), 47–73. <https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.8923>
- Murillo, M., & Tirado, E. (2020). Enfoque Ciencia Tecnología Sociedad y Ambiente CTSA como estrategia para el aprendizaje de la química en estudiantes de secundaria. *Cultura, Educación y Sociedad*, 11(2), 251-284. <http://doi.org/10.17981/cultedusoc.11.2.2020.17>
- Ndlovu, B. P., & Malcolm, S. A. (2022). Changes in pre-service teachers' planned TSPCK in stoichiometry after a TSPCK-based practicum. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 26(2), 125-141.
- Ordaz, G. J., & Britt, M. (2018). Los caminos hacia una enseñanza no tradicional de la química. *Revista Electrónica Actualidades Investigativas en Educación*, 18(2), 1-20. <https://doi.org/10.15517/aie.v18i2.33164>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Marco de la competencia de los docentes en materia de TIC. Francia: UNESCO*. Recuperado de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000371024.locale=en>
- Parga-Lozano, D. L., & Piñeros-Carranza, G. Y. (2018). Enseñanza de la química desde contenidos contextualizados. *Educación química*, 29(1), 55-64. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.1.63683>
- Prasad, N., Bhakta, K., & Maya, K. (2022). Teachers' And Students' Experiences In Chemistry Learning Difficulties. *Journal of Positive School Psychology*, 6(10), 2856-2867.
- Pratiwi, R. D., Sutrisno, & Munzil. (2020). Inquiry-based development of stoichiometry teaching material for strengthen capability (conceptual understanding, science process skills, and attitudes toward science) of high school students. *AIP Conference Proceedings*, 2330, 020054. <https://doi.org/10.1063/5.0043154>
- Purba, J., Panggabean, F. T. M., & Widarma, A. (2021). Development of General Chemical Teaching Materials (Stoichiometry) in an Integrated Network of Media-Based Higher Order Thinking Skills. *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*, 591, 949-954. Recuperado de <https://www.atlantis-press.com/article/125962830.pdf>
- Rantih, N. K., Mulyani, S., & Widhiyanti, T. (2019). An analyses of multiple representation about intermolecular forces. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(4), 1-7. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042029>
- Raviolo, A., Farré A. S., & Traiman Schroh N. (2021). Students' understanding of molar concentration. *Royal Society of Chemistry*, 22, 486-497.

- Reyes-Cárdenas, F. M., Cafaggi Lemus, C. E., & Llano Lomas, M. G. (2019). Evaluación y aprendizaje basado en habilidades de pensamiento en un curso de laboratorio de química general. *Educación Química*, 30(3), 79-91. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.3.69402>
- Romero-Vega, O. D. (2021). Moodle y los OVA como estrategia pedagógica para un aprendizaje significativo de la transformación química de la materia. *Dialéctica*, 18(2).
- Sangguro, S. A., Ibrahim, N. H., Surif, J., & Hadi, M. A. (2020). Conditional Knowledge in Stoichiometry's Problem Solving. *Palarch's Journal of Archaeology of Egypt/Egyptology*, 17(7), 4635-4647.
- Shadreck, M., & Enunuwe, O. C. (2018). Recurrent Difficulties: Stoichiometry problem-solving. *African Journal of Educational Studies in Mathematics and Sciences*, 14, 25-31.
- Sinaga, M. (2019). Implementation of innovative learning material to improve students competence on chemistry. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research (IJPER)*, 53(1), 28-41.
- Taber, K. S. (2019). Progressing chemistry education research as a disciplinary field. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 1(5). <https://doi.org/10.1186/s43031-019-0011-z>
- Tamayo, L. V., Ortiz, L., Mosquera, J. A., & Amórtegui, E. F. (2018). Concepciones sobre estequiometría a partir de situaciones problematizadoras con estudiantes de grado decimo en Palermo, Huila, Colombia. *Revista educación y Ciencia*, (21), 1070-1078.
- Wardah, A. C., & Wiyarsi, A. (2020). A Systematic review: how are mental model of chemistry concepts? *Universal Journal of Educational Research*, 8(2), 332-345. <https://doi.org/10.13189/ujer.2020.080202>
- Wiyarsi, A., Sutrisno, H., & Rohaeti, E. (2018). The effect of multiple representation approach on students' creative thinking skills: a case of 'Rate of reaction' topic. *Journal of Physics: Conference Series*, 1097. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1097/1/012054>
- Zamarreño, R., & Loyola, N. (2022). Eficacia de los OVA y valoración desde la actitud de competencias de Química, en período de pandemia. *Páginas de Educación*, 15(2), 68-97.
- Zompero, A., Parga, D., Werner, C., & Vildosola, X. (2022). Competencias científicas en los currículos de Ciencias Naturales: estudio comparativo entre Brasil, Chile y Colombia. *Praxis & Saber*, 13(34), e13401. <https://doi.org/10.19053/22160159.v13.n34.2022.13401>