

La historia del salitre como recurso y estrategia de aprendizaje para promover explicaciones acerca de reacciones químicas

The History of Nitrate as a Learning Resource and Strategy to Promote Explanations About Chemical Reactions

Mario Quintanilla,¹ Joao Matus,¹ Tomás González,¹ Mabel Rojas,¹ Mariano Rodríguez² y Rodrigo Sepúlveda González³

Resumen

El estudio analiza las explicaciones del estudiantado de secundaria sobre las sustancias químicas, utilizando la historia del salitre en Chile como recurso didáctico. Este enfoque combina la contextualización histórica con la enseñanza de las ciencias para fomentar una comprensión más profunda de los conceptos químicos. Se propone que vincular la química con aspectos históricos y sociales favorece la construcción de explicaciones significativas sobre las reacciones químicas. El análisis se organiza en dos dimensiones: la primera evalúa el contenido, considerando el uso de conceptos claves o principios científicos asociados a las reacciones químicas; la segunda clasifica las explicaciones según su complejidad, desde descripciones simples hasta formulaciones analíticas. Los resultados revelan una predominancia de explicaciones descriptivas con escaso contenido científico, lo que refleja las limitaciones del nivel educativo del estudiantado y evidencia la necesidad de fortalecer la enseñanza contextualizada. Estos hallazgos destacan la importancia de incorporar recursos históricos, como la historia del salitre, para enriquecer la educación científica, promover el pensamiento crítico y fomentar el aprendizaje interdisciplinar en el aula.

Palabras clave: educación científica contextualizada, historia del salitre en Chile, reacciones químicas, interdisciplinariedad en el aula, didáctica de la química.

Abstract

This study analyzes secondary school students' explanations about chemical substances, using the history of nitrate in Chile as a didactic resource. This approach combines historical contextualization with science education to foster a deeper understanding of chemical concepts. It proposes that linking chemistry to historical and social aspects supports the construction of meaningful explanations of chemical reactions. The analysis is structured in two dimensions: the first evaluates content, considering the use of key concepts or scientific principles related to chemical reactions; the second classifies the explanations according to their complexity, ranging from simple descriptions to analytical formulations. The results reveal a predominance of descriptive explanations with limited scientific content, reflecting the students' educational level and highlighting the need to strengthen contextualized science teaching. These findings emphasize the importance of incorporating historical resources, such as the history of nitrate, to enrich science education, promote critical thinking, and foster interdisciplinary learning in the classroom.

Keywords: contextualized science education, history of nitrate in Chile, chemical reactions, interdisciplinarity in the classroom, chemistry education.

CÓMO CITAR:

Quintanilla, M., Matus, J., González, T., Rodríguez, M., Rojas, M., y Sepúlveda González, R. (2025, julio-septiembre). La historia del salitre como recurso y estrategia de aprendizaje para promover explicaciones acerca de reacciones químicas. *Educación Química*, 36(3). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.3.90607>

¹ Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

² Universidad Nacional de Córdoba (UNC). Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina

³ Universidad de Santiago, Chile.

Introducción

Las críticas al modelo de enseñanza basado en la transmisión y recepción no solo provienen del ámbito educativo, sino también de diversos sectores que, aunque parecen no estar directamente relacionados con la educación, guardan una estrecha conexión con los procesos de aprendizaje, fundamentales en muchas actividades humanas. En este contexto, no sorprende que los avances en el campo educativo impulsen la transición hacia enfoques socioconstructivistas, como los propuestos por Piaget (1981), dejando atrás los modelos tradicionales. Estas innovaciones colocan a los estudiantes en el centro del proceso educativo, convirtiéndolos en sus principales protagonistas. Este protagonismo exige la promoción y desarrollo de habilidades cognitivas y lingüísticas específicas que les permitan comprender e interpretar teóricamente el mundo en el que viven. Para lograrlo es esencial que estas competencias de pensamiento científico desafíen intelectualmente a los estudiantes, conectando dichos retos con su contexto cultural o intereses particulares (Raviolo y Lerzo, 2016; Quintanilla et al., 2024).

Este trabajo de investigación se centra en la problematización del ciclo salitrero en Chile —un hecho histórico de gran relevancia nacional e internacional a principios del siglo XX— como herramienta para mejorar la calidad de las explicaciones científicas escolares en la educación secundaria.

El salitre en Chile: su relevancia histórica, socio-científica y educativa

El salitre, mezcla de nitrato de potasio y nitrato de sodio, es un mineral que se encuentra en la naturaleza tanto en forma sólida como en salmueras provenientes de las calicheras. En Chile, su extracción se concentra principalmente en las regiones de Tarapacá y Antofagasta, ubicadas en el norte del país (González, 2018).

Tras la victoria de Chile en la Guerra contra Bolivia y Perú y la anexión de las provincias de Tarapacá y Antofagasta, el país pasó de ser una economía limitada a convertirse en uno de los principales exportadores mundiales de salitre. Este recurso se utilizaba ampliamente como fertilizante agrícola, aunque también tenía otros usos estratégicos, como la producción de explosivos y yodo. Su extracción comenzaba con la remoción del “caliche” —mineral que contiene el nitrato—, ubicado a un metro de profundidad, mediante explosivos. Posteriormente, este material era transportado a las oficinas salitreras para su procesamiento y purificación (Contreras, 2012). Así, la importancia del salitre radica no solo en su impacto económico, sino también en su relevancia como herramienta pedagógica para contextualizar el aprendizaje de las reacciones químicas.

Entre 1880 y 1883, Chile recaudó más ingresos que en todo el período comprendido entre 1817 y 1866, lo que impulsó un crecimiento económico exponencial. La exportación de salitre consolidó al Norte Grande como un foco de interés económico y laboral, atrayendo a grandes masas de trabajadores en busca de nuevas oportunidades. Además, su alta demanda internacional, especialmente en Europa, respondía al uso del salitre en la fabricación de explosivos, crucial en un contexto histórico marcado por conflictos bélicos (Donoso, 2014).

Entre 1830 y 1930, el ciclo salitrero estructuró la economía chilena. La fiebre del salitre incrementó la población en Tarapacá de 18 000 a 38 000 habitantes entre 1860 y 1876. Sin embargo, su declive comenzó en 1930 debido a la Gran Depresión, que redujo el

precio y la demanda del salitre, afectando la economía chilena, basada en más del 80 % en esta exportación (Pinto, 1973; Vila y Seiwert, 2021).

Con el tiempo, la producción de salitre sintético, impulsada por procesos como el Haber-Bosch (fijación de nitrógeno atmosférico para la formación de amoníaco), disminuyó la dependencia de fuentes naturales. Fritz Haber desarrolló en 1909 un método eficiente para sintetizar amoníaco, utilizando catalizadores como el osmio. Esto permitió a países como Alemania fabricar salitre más rápido y barato, marcando el fin del dominio chileno en el mercado global (Ceroni, 2012).

El salitre como controversia sociocientífica en la enseñanza de la química

La enseñanza de la química puede enriquecerse significativamente mediante la integración de controversias sociocientíficas, como el caso del salitre y su impacto histórico, social y científico. Estas controversias no solo estimulan el análisis crítico en los estudiantes, sino que también les permiten comprender cómo la ciencia interactúa con la sociedad y responde a necesidades concretas.

La producción de salitre comienza con la oxidación del amonio para generar ácido nítrico, que luego se neutraliza con una base potásica hasta formar nitrato potásico; finalmente, el producto se cristaliza. Este procedimiento ofrece a los estudiantes la oportunidad de investigar y comprender, en un contexto real, las reacciones de oxidación, neutralización y cristalización (González y Crujeiras, 2016).

En este sentido, un ejemplo relevante es el desarrollo del salitre sintético a comienzos del siglo XX, impulsado por Alemania debido a su dependencia de las exportaciones chilenas y su preparación para la Segunda Guerra Mundial. El químico Fritz Haber, en la Universidad Técnica de Karlsruhe (hoy Instituto Tecnológico de Karlsruhe), experimentó con la fijación de nitrógeno atmosférico a través de reacciones con hidrógeno molecular y descargas eléctricas, logrando formar pequeñas cantidades de amoníaco pese a la reversibilidad del proceso (Díaz, 2019). Posteriormente, BASF, una destacada compañía química alemana, encargó a Carl Bosch la tarea de optimizar este método a escala industrial en su planta experimental en Noruega, aprovechando la energía hidroeléctrica disponible. Sin embargo, los resultados iniciales fueron costosos y con rendimientos limitados. Más adelante, Haber reemplazó las descargas eléctricas por calor y descubrió que el osmio, aunque costoso y poco disponible, actuaba como catalizador eficaz para estabilizar el amoníaco generado. En 1909, después de años de investigación, logró sintetizar amoníaco de manera más eficiente, marcando un hito en la industria química (Díaz, 2019).

La historia del salitre en Chile no solo ilustra la evolución de los procesos químicos, sino que también ofrece un punto de partida para abordar dilemas éticos, económicos y sociales en el aula. Contextualizar estos temas permite que los estudiantes establezcan asociaciones significativas entre el conocimiento científico y su entorno. Además, las controversias sociocientíficas, como el debate sobre el uso del salitre con fines bélicos o agrícolas, constituyen un recurso valioso para el aprendizaje, fomentando el desarrollo de habilidades críticas mediante la resolución de conflictos cognitivos y el análisis de concepciones alternativas (Alcaraz-Domínguez et al., 2024).

Las explicaciones científicas y la formación de sujetos competentes en ciencias

El lenguaje y la narrativa en las clases de ciencias son herramientas clave para un aprendizaje efectivo. En un contexto influenciado por las redes sociales y la interculturalidad, es fundamental que el profesorado considere cómo estas variables afectan la forma en que los estudiantes comprenden y comunican el conocimiento científico. La interacción digital ha transformado el lenguaje, simplificando estructuras y eliminando acentuaciones, lo que plantea retos para el uso de términos científicos precisos en el aula (Rawas, 2024). A su vez, la explicación —una habilidad cognitivo-lingüística que consiste en producir razones o argumentos y establecer relaciones, especialmente de causa— (Herrera-Melín et al., 2023) se ve afectada por este contexto. Como consecuencia, se observa una disminución en la utilización de un lenguaje científico adecuado en las respuestas de los estudiantes, tanto en evaluaciones como en discusiones en clase (Quintanilla, 2020). Esta razón subraya la importancia del lenguaje en la construcción de realidades y se advierte sobre los riesgos de generar concepciones erróneas, especialmente en entornos interculturales. Por ello, es fundamental que los docentes empleen un lenguaje claro y preciso al explicar conceptos científicos (Quintanilla y Mercado, 2022).

Las explicaciones del estudiantado reflejan cómo asimilan y articulan los conceptos científicos. Según Gilbert et al. (2000), estas pueden ser descriptivas, predictivas o causales, dependiendo del contexto y la naturaleza de la pregunta planteada. No obstante, es responsabilidad del docente guiar estas narrativas hacia construcciones teóricas sólidas, alineadas con los objetivos pedagógicos. Los tipos de explicación con los que se realiza el análisis se distinguen en la Tabla 1.

Tipo de explicación	Descripción
Descriptiva	Se entiende como un resumen o descripción superficial del fenómeno observado, principalmente enfocándose en características macroscópicas y aspectos cotidianos. Las explicaciones dan respuesta a la pregunta “¿Cuáles son las propiedades de este fenómeno?”
Predictiva	Se da la explicación a partir de una predicción de cómo se comportaría el fenómeno si cambiaran las condiciones. Se responde a la pregunta “¿Cómo se comportará el fenómeno en otras condiciones?”
Causal	Se establece un vínculo de causa y efecto entre el fenómeno que está ocurriendo y las características de las entidades que participan. Las explicaciones dan respuesta a la pregunta “¿Por qué el fenómeno se comporta como lo hace?”

TABLA 1. Tipos de explicación propuestos por Gilbert et al. (2000).

Por último, formar sujetos competentes en ciencias (SCC) implica desarrollar en los estudiantes la capacidad de aplicar conocimientos científicos a la resolución de problemas cotidianos y académicos. Un SCC debe identificar y abordar obstáculos en el aula utilizando estrategias científicas contextualizadas. Este enfoque integrador permite que el lenguaje y las competencias explicativas se conviertan en motores del aprendizaje significativo, fortaleciendo la comprensión científica y las habilidades comunicativas en el alumnado (Quintanilla y Mercado, 2022).

De acuerdo con lo anterior, nuestro objetivo fue diseñar y evaluar una secuencia didáctica que promoviera las explicaciones del estudiantado sobre las reacciones químicas utilizando la historia del salitre en Chile. Esta secuencia didáctica integra una mirada ecológica y contextualizada del proceso de síntesis y extracción del salitre, desarrollando materiales y actividades que promueven el uso del lenguaje científico y promueven la comprensión de los vínculos históricos, ecológicos y químicos asociados al compuesto. Se evalúa su aporte en la construcción de explicaciones científicas a través del análisis de las preconcepciones del estudiantado de secundaria sobre reacciones químicas (Ferrera et al, 2028).

Metodología e instrumentos

Se diseñó un cuestionario con el propósito de recopilar información clave para estructurar una secuencia didáctica que contextualizará las reacciones químicas dentro de un marco interdisciplinario, integrando elementos históricos y químicos. La elección del salitre como eje temático responde a su relevancia tanto histórica como científica, siendo una sustancia que marcó un hito en la historia nacional. Este enfoque permite problematizar su impacto social, ecológico y sanitario desde diversas perspectivas.

Así, el cuestionario inicial se organizó en tres niveles de análisis: 1) Contexto histórico (CH): explorar los eventos y procesos históricos relacionados con el salitre; 2) Componentes químicos (CQ): reconocer los elementos que componen esta sustancia; y 3) Formación química (FQ): profundizar en la comprensión de su composición y proceso de formación. Estas problematizaciones buscan despertar la curiosidad y desarrollar el pensamiento crítico del estudiantado.

Además, se aplicó un instrumento de evaluación formativa para identificar los conocimientos previos sobre la historia del salitre y su composición química. Este instrumento no solo evaluó el nivel inicial de comprensión, sino que también exploró la capacidad del estudiantado para sintetizar y aplicar la información presentada en el enunciado de la actividad. Los resultados obtenidos permitieron analizar la validez de las explicaciones proporcionadas, tanto en términos de contenido como de estructura argumentativa, con el objetivo de diseñar estrategias pedagógicas que conecten los conocimientos previos con el aprendizaje de las reacciones químicas.

Fases del desarrollo de la propuesta

El estudio se desarrolló en un establecimiento católico particular subvencionado ubicado en Santiago de Chile. Participaron 55 estudiantes de 1º Medio, de un total de 68 convocados, quienes realizaron la actividad diseñada en un tiempo promedio de 20 minutos.

La propuesta se organizó en tres fases:

- **Fase 1.** Identificación y delimitación del propósito de la investigación, con la construcción inicial de un marco teórico flexible, sujeto a ajustes durante el proceso;
- **Fase 2.** Definición de las características de la secuencia didáctica, diseño del cuestionario y planificación del contexto de aplicación de la investigación;
- **Fase 3.** Detalle de los conocimientos disciplinares e interdisciplinarios abordados, promoviendo la colaboración entre estudiantes y docentes para enriquecer el aprendizaje de las reacciones químicas.

Validación de la secuencia didáctica

La validación de la secuencia didáctica se centró en analizar las narrativas y explicaciones de profesores de química en formación sobre tres preguntas relacionadas con la producción del salitre sintético, su impacto en Chile y sus aspectos químicos.

En la primera pregunta, las narrativas abordaron principalmente los conflictos económicos (67 %-100 %) y políticos (33 %), dejando de lado los aspectos sanitarios esperados. Predominaron explicaciones causales (100 % hombres, 83 % mujeres), aunque también se identificaron explicaciones descriptivas y predictivas.

La segunda pregunta se enfocó en la identificación de los elementos químicos del salitre (KNO_3), obteniendo un 100 % de precisión. Sin embargo, pocos mencionaron conceptos avanzados como “sal ternaria”. Las explicaciones fueron exclusivamente descriptivas, coherentes con la naturaleza de la formulación de la pregunta.

En la tercera, las narrativas incluyeron asociaciones químicas (67 % mujeres, 33 % hombres), pero algunas respuestas repitieron o parafrasearon el enunciado, lo que refleja problemas de redacción. Predominaron explicaciones causales y descriptivas, asociando propiedades químicas con la estructura molecular.

Para optimizar la validación, se utilizó el Índice de Validez de Contenido (IVC), una herramienta que permite cuantificar la relevancia de los ítems a partir de los juicios de un panel de expertos. Un IVC superior a 0.79 garantiza la coherencia y pertinencia del instrumento, lo que en este caso se logró satisfactoriamente.

Las narrativas evidenciaron conocimientos en el abordaje de aspectos económicos y políticos relacionados con el salitre, pero también revelaron limitaciones en temas como problemáticas sanitarias y conceptos químicos avanzados. La implementación de un proceso riguroso como el IVC no solo valida la calidad del instrumento, sino que contribuye al fortalecimiento de las estrategias formativas propuestas (Juárez-Hernández y Tobón, 2018).

Análisis e interpretación de resultados

Una vez validado el diseño de la actividad, con las adecuaciones correspondientes en la formulación de las preguntas y el contenido del enunciado, se diseñó la siguiente secuencia didáctica de conocimientos preliminares, la cual fue aplicada posteriormente.

Guía de trabajo sobre la historia y química del ciclo salitrero en Chile	
Nombre:	Fecha:
Objetivo de aprendizaje: Identificar las explicaciones preliminares de los estudiantes acerca de la historia del salitre.	
Resumen: En Chile a partir de 1830 comienza uno de los procesos económicos más importantes de la historia del país, conocido como “el ciclo salitrero”; en el cual se realizaba la extracción de salitre natural (mezcla de nitrato de sodio y nitrato de potasio) en minas del norte de nuestro país, el cual se utiliza en fertilizantes por sus aportaciones de nitratos. Dicho auge llega a su fin con la aparición del Salitre sintético en Alemania, en donde se dieron cuenta que podía ser utilizado en la producción de pólvora, lo que permitía a los países de esa región del planeta, no depender de la importación de esta sustancia química. Debido a esto se genera una crisis en la economía chilena, también desencadenó una crisis política y sanitaria debido a las falencias que provocó dicha crisis.	

TABLA 2. Secuencia didáctica .

Con tus conocimientos, aborda las siguientes preguntas planteadas respecto al texto anterior. ¿Cómo explicas que la producción del salitre sintético haya afectado a la economía chilena y haya traído consecuencias económicas, conflictos políticos y problemas sanitarios que afectaron a gran parte del mundo? ¿Cómo explicas la presencia de elementos químicos en la sustancia del salitre? Identifícalos. Explica por qué el nitrato de sodio está constituido por tres elementos diferentes.

Se llevó a cabo un análisis cualitativo categorial interpretativo de las explicaciones estudiantiles para identificar *patrones narrativos*, clasificarlos por profundidad y dirección, y evaluar sus coherencias y dificultades argumentativas.

Metodología de análisis

- **Codificación:** se empleó una matriz categorial basada en los énfasis explicativos definidos previamente (aspectos económicos, conflictos políticos, elementos químicos, entre otros). Las respuestas se codificaron según su relevancia y correspondencia con las categorías establecidas.
- **Triangulación:** las narrativas estudiantiles se contrastaron con los objetivos de aprendizaje planteados y el contenido de la guía de trabajo, evaluando su alineación con las metas de la actividad.
- **Interpretación:** se identificaron tendencias generales y casos específicos que permitieron reflexionar sobre la efectividad de la secuencia didáctica para alcanzar los objetivos planteados. Este análisis proporcionó datos valiosos para proponer mejoras en el diseño de futuras actividades.

La Tabla 3 clasifica las respuestas estudiantiles según su énfasis explicativo (económico, químico y político) e incluye ejemplos ilustrativos, lo que permite identificar oportunidades de mejora en las explicaciones científicas y la comprensión histórico-química.

Preguntas	Categorías de análisis y códigos	Ejemplos encontrados en las respuestas de los estudiantes de primero medio.
Énfasis explicativo 1	No responde (NR).	<ul style="list-style-type: none"> • No sé a qué apunta (E.IA.16). • No entiendo (E.IA.2). • No lo sé (E.IB.2).
Énfasis explicativo 2	Duda: está relacionada a que las narrativas a la problemáticas no existe una direccionalidad clara hacia los aspectos que apunta cada ítem (D).	<ul style="list-style-type: none"> • Le afectó porque al haber una crisis este bajo (E.IA.15). • De manera de que todo está compuesto de elementos químicos entonces el salitre viene de elementos naturales que también tiene elementos químicos (E.IA.7). • Porque está compuesto por esos elementos porque cada elemento tiene elementos (E.IA.23).
Énfasis explicativo 3	No apunta a la pregunta: está relacionada a que la explicación generada, posee una direccionalidad distinta a la planteada en la problemática (NAP).	<ul style="list-style-type: none"> • Afectó porque se dieron cuenta que servía para hacer pólvora (E.IA.1). • Al no ser natural significa que fue creado en laboratorio. (E.IB.3).

TABLA 3. Sistematización de las narrativas y explicaciones del estudiantado (códigos).

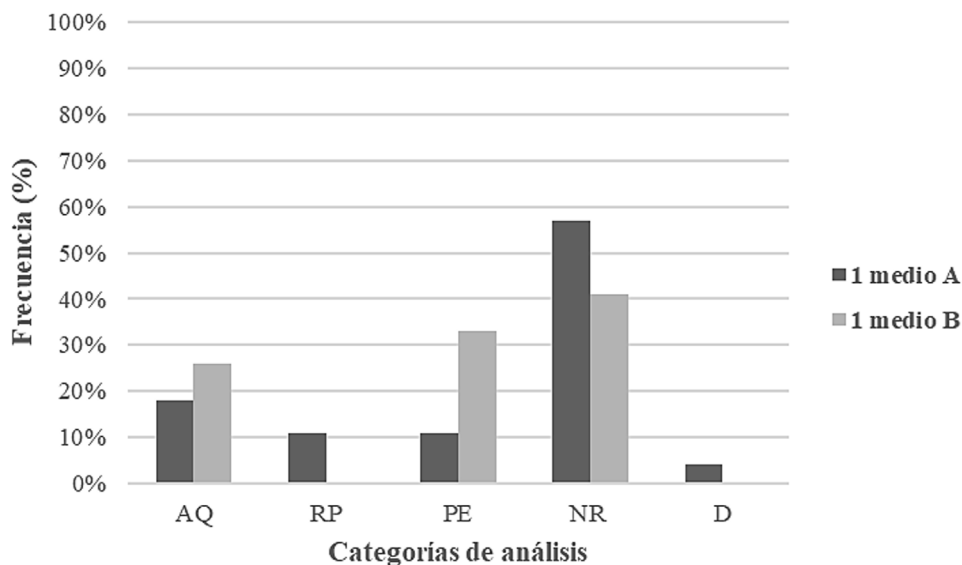
*Nota: Código E.IA.16: E (estudiante), I (1º medio), A/B (grupo), N° lista.

Pregunta 1	¿Cómo explicas que la producción del salitre sintético haya afectado a la economía chilena y haya traído consecuencias económicas (CE), conflictos políticos (CP) y problemas sanitarios (PS) que afectaron a gran parte del mundo?.	
Énfasis explicativo 1	Aspectos económicos y sus controversias (CE).	La creación del salitre sintético afectó a la economía chilena ya que esta salía más barato para algunos países mientras hacía la misma función que el salitre real, además como Chile dependía solamente del salitre para la economía, al ver esto trajo conflictos dentro del país para saber qué hacer con la economía para que ésta beneficie al país (E.IA.14).
Énfasis explicativo 2	Problemática sanitaria (PS).	No se encontraron ejemplos de estos componentes durante el curso de esta investigación.
Énfasis explicativo 3	Conflictos políticos (CP).	Afectó porque Alemania creó el salitre sintético, mientras que nosotros lo tenemos natural. Esto hizo que se dejaran las exportaciones de este producto (E.IA.22).
Pregunta 2	¿Cómo explicas la presencia de elementos químicos (EQ) en la sustancia del salitre? Identifícalos.	
Énfasis explicativo	Asociación a elementos químicos presentes en el salitre. (EQ).	<ul style="list-style-type: none"> • La presencia de elementos lo explicaría por su composición: Sodio (Na) Nitrógeno (N) y Oxígeno (O) (NaNO_3 = Nitrato de Sodio) (E.IA.4). • El salitre tiene la presencia de nitrógeno, sodio y oxígeno (Na=sodio, N=Nitrógeno y O=Oxígeno) Tiene estos componentes porque al crear la reacción química, surge el salitre. (E.IB.4).
Pregunta 3	Explica por qué el nitrato de sodio, está constituido por tres elementos diferentes.	
Énfasis explicativo 1	Asociación de aspectos químicos (AQ).	• Está constituido por cuatro elementos ya que es un compuesto y reacción química por lo tanto está elaborado el mineral a base de nitrato de potasio (E.IA.25).
Énfasis explicativo 2	Repite la pregunta (RP).	• Este tiene 4 componentes diferentes ya que estos componentes se crea el salitre (E.IA.6).
Énfasis explicativo 3	Parafraseo del enunciado (PE).	• Está constituido por 4 elementos obtenidos naturalmente del suelo y por esto está presente el nitrato de potasio, está constituido por potasio Nitrógeno y Oxígeno (E.IA.4).

El análisis del Gráfico 1 muestra que más del 70 % de las narrativas se centran en lo económico, con escasas alusiones políticas y ninguna sanitaria, evidenciando la limitación del modelo tradicional para promover explicaciones causales y predictivas (Piaget, 1981).

El uso inadecuado del lenguaje científico en el aula también contribuye a esta deficiencia, como apuntan Quintanilla y Mercado (2022), quienes subrayan su importancia en la construcción de explicaciones científicas precisas. Para mejorar, se propone rediseñar las actividades pedagógicas hacia un enfoque interdisciplinario que vincule aspectos históricos, sociales y científicos, y que promueva el uso riguroso del lenguaje científico y la construcción de explicaciones más elaboradas.

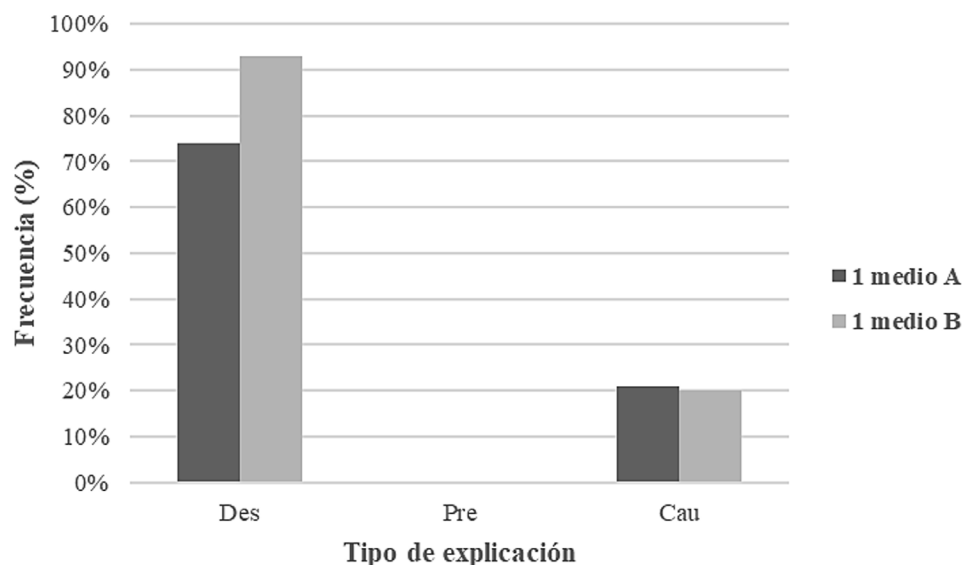
GRÁFICO 1. Narrativas estudiantiles sobre el ciclo salitrero según dimensiones temáticas. (AQ = asociación de aspectos químicos; RP = repite la pregunta; PE = parafraseo del enunciado; NR = no responde; D = duda).



Así, el ciclo salitrero podría convertirse en un tema que no solo enriquezca el conocimiento del alumnado, sino que también desarrolle su pensamiento crítico y habilidades cognitivo lingüísticas.

El análisis del Gráfico 2, desde las categorías de lenguaje, explicaciones científicas y la formación de sujetos competentes en ciencias (SCC), revela importantes desafíos en la enseñanza de ciencias.

GRÁFICO 2. Distribución de narrativas estudiantiles según tipología explicativa. (Des = descriptiva; Pre = predictiva; Cau = causal).



Las narrativas estudiantiles se concentran en los aspectos económicos del ciclo salitrero, lo que sugiere el uso de un lenguaje simplificado y cotidiano, en lugar de un lenguaje científico preciso. Esta simplificación, posiblemente influenciada por la interacción digital y la interculturalidad, como señala Rawas (2024), limita la comprensión profunda de los fenómenos científicos. La falta de un uso adecuado de términos científicos puede generar concepciones erróneas y afectar la forma en que los estudiantes articulan sus explicaciones.

Respecto a las explicaciones científicas, el predominio de explicaciones descriptivas, centradas mayormente en las consecuencias económicas, refleja una comprensión superficial del ciclo salitrero. Según Gilbert et al. (2000), las explicaciones descriptivas solo abordan características observables sin establecer relaciones causales.

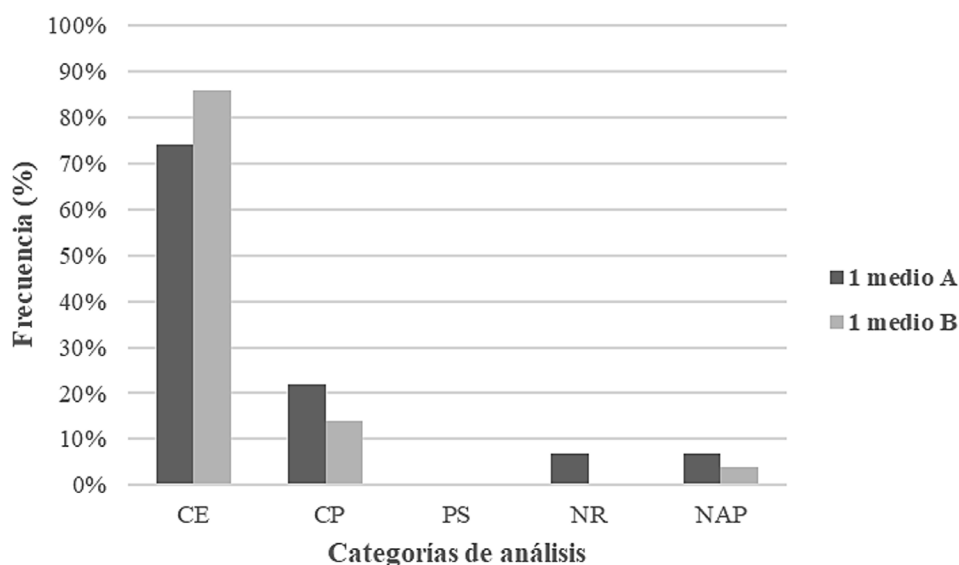
La ausencia de explicaciones predictivas y causales indica que los estudiantes no están desarrollando habilidades cognitivas lingüísticas más elaboradas para vincular causas y efectos o prever cómo los fenómenos se comportarían en otros contextos, tampoco para promover explicaciones complejas (Quintanilla, 2020).

A su vez, la formación de SCC evidencia que los estudiantes no están aplicando conocimientos científicos de manera interdisciplinaria y contextualizada, como lo hemos señalado en otras publicaciones (Quintanilla et al, 2022). La falta de explicaciones que aborden los problemas sanitarios o políticos derivados del ciclo salitrero refleja una visión fragmentada del fenómeno, lo que limita el desarrollo de competencias científicas más integradas en el estudiantado de secundaria.

Para promover SCC, es necesario que las actividades en clase desafíen a los estudiantes a conectar diferentes dimensiones del fenómeno estudiado, promoviendo un pensamiento crítico y la aplicación del conocimiento a problemas reales.

El Gráfico 3 muestra que la mayoría de las explicaciones estudiantiles sobre el ciclo salitrero son descriptivas, lo que indica una tendencia a describir superficialmente el fenómeno sin profundizar en sus causas o efectos. Esto refleja las limitaciones de enfoques pedagógicos tradicionales que no estimulan el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas, como las explicaciones causales o predictivas (Piaget, 1981; Herrera-Melin et al., 2023).

GRÁFICO 3. Distribución de explicaciones científicas según tipología explicativa. (CE= aspectos económicos y sus controversias; CP= conflictos políticos; PS= problemática sanitaria; NR= no responde; NAP= no apunta a la pregunta).



Las explicaciones predictivas y causales están menos representadas, lo que sugiere que el alumnado presenta dificultades para establecer relaciones de causa y efecto o para predecir cómo cambiaría el fenómeno bajo distintas condiciones. Esto evidencia una falta de integración de diversos aspectos sociales, políticos y sanitarios del ciclo salitrero en sus narrativas, además de un uso insuficiente del lenguaje científico preciso, influido por la simplificación lingüística propia de la era digital (Rawas, 2024).

Los resultados muestran que las explicaciones predominantes en las narrativas estudiantiles son descriptivas. Según Gilbert et al. (2000), este tipo de explicación responde a preguntas como “¿Cuáles son las propiedades de este fenómeno?” y se caracteriza por ser un resumen superficial enfocado en aspectos macroscópicos. En cuanto al nivel de conocimiento, los estudiantes se encuentran en una etapa inicial y no logran asociar correctamente el concepto científico clave —la reacción química— con fenómenos históricos y locales.

Conclusiones e implicaciones didácticas

El estudiantado presenta dificultades para establecer asociaciones entre fenómenos históricos y la noción científica de *reacción química*, especialmente en torno a los ejes principales de la química: el modelo de sustancia y el modelo de cambio químico. Esta desconexión se manifiesta en la incapacidad de articular una explicación científica razonable que integre dichos conceptos en el análisis de situaciones reales, como el auge y declive del ciclo salitrero en Chile (González, 2028).

Sin embargo, el diseño de actividades que continúen contextualizando la enseñanza y que, a su vez, presenten retos intelectuales significativos puede contribuir a superar esta brecha. Ello permitiría que el estudiantado desarrolle competencias de pensamiento científico que le faciliten interpretar el mundo macroscópico con una base teórica suficiente y, de forma ideal, distinguir los tres tipos de explicaciones propuestos por Gilbert et al. (2000).

La secuencia didáctica aquí presentada propone problematizar la enseñanza mediante la química en contexto, con el fin de impulsar la innovación educativa y superar prácticas tradicionales que segregan las ciencias de las humanidades en el aula (Meróni et al., 2015). Al investigar el ciclo salitrero, los estudiantes logran integrar sus explicaciones históricas con los conceptos de química del nitrato y las reacciones redox, reduciendo la distancia entre teoría y práctica (González y Crujeiras, 2016).

A partir de los resultados, se infiere que, para promover explicaciones más complejas, es esencial incorporar en las actividades el análisis de las consecuencias políticas y sanitarias del ciclo salitrero, emplear evaluaciones formativas que valoren la precisión conceptual y la capacidad causal-predictiva, y proporcionar andamiajes que orienten al alumnado en la construcción de modelos explicativos más complejos. Solo así será posible transformar la narrativa predominante, superando lo meramente descriptivo y promoviendo SCC capaces de aplicar el conocimiento químico a problemáticas reales.

Agradecimientos: este artículo sigue las orientaciones teóricas y metodológicas de los proyectos VRI-interdisciplinario, FONDECYT 1231325 y Novus Triada, dirigidos por el primer autor.

Referencias

- Alcaraz-Dominguez, S., Shwartz, Y., y Barajas, M. (2024). SSI-based instruction by secondary school teachers: What really happens in class? *International Journal of Science Education*, 1–19. <https://doi.org/10.1080/09500693.2024.2303779>
- Ceroni, M. (2012). Perú, el país de las oportunidades perdidas en ciencia: El caso de los fertilizantes. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 78(2), 144–152.

- Contreras, C. (2012). *La economía pública en el Perú después del guano y del salitre: Crisis fiscal y élites económicas durante su primer siglo independiente*. Instituto de Estudios Peruanos.
- Díaz, J. (2019, diciembre 17). Haber-Bosch: El proceso químico que alimentó al mundo. *Conexión Causal*. <https://conexioncausal.wordpress.com/2019/03/17/haber-bosch-el-proceso-quimico-que-alimento-al-mundo/>
- Donoso, C. (2014). Nacionalizar el salitre: Debates iniciales sobre el control fiscal de la industria (Chile, 1880–1916). *Chungará (Arica)*, 46(1), 115–130.
- Ferrera, T., Méndez, N., y Sosa, P. (2018). La reacción química en el bachillerato: Una propuesta didáctica. *Educación Química*, 29(4), 79–91. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.4.63474>
- Gilbert, J., Boulter, C., y Rutherford, M. (2000). Explanations with models in science education. En J. Gilbert & C. Boulter (Eds.), *Developing models in science education* (pp. 193–208). Kluwer Academic Publishers.
- González, L., y Crujeiras, B. (2016). Aprendizaje de las reacciones químicas a través de actividades de indagación en el laboratorio sobre cuestiones de la vida cotidiana. *Enseñanza de las Ciencias*, 34(3), 143–160. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2018>
- González, J. A. (2018). La Compañía de Salitres de Antofagasta, Chile. El desafío de su modernización empresarial e innovación estratégica. *Estudios Atacameños Arqueología y Antropología Surandinas, ahead*, 0. <https://doi.org/10.4067/s0718-10432018005001601>.
- Herrera-Melin, A. M., Quintanilla, M., Zambrano, J., Sepúlveda, M. B., y Iturra, M. (2023). Promoción de la práctica discursiva en el profesorado de química en formación. *Educación Química*, 34(4), 135–148. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2023.4.85226>
- Juárez-Hernández, L. G., y Tobón, S. (2018). Análisis de los elementos implícitos en la validación de contenido de un instrumento de investigación. *Revista Espacios*, 39(53).
- Meroni, G., Copello, M., y Paredes, J. (2015). Enseñar química en contexto: Una dimensión de la innovación didáctica en educación secundaria. *Educación Química*, 26(4), 275–280. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.07.002>
- Piaget, J. (1981). La teoría de Piaget. *Infancia y Aprendizaje*, 4(sup2), 13–54. <https://doi.org/10.1080/02103702.1981.10821902>
- Pinto, A. (1973). *Chile, un caso de desarrollo frustrado*. Editorial Universitaria.
- Quintanilla, M. (2020). El lenguaje como problema y oportunidad de desarrollo del pensamiento científico. En G. Cabrera (Ed.), *Aprender a leer el mundo a través de la ciencia. Promoción y desarrollo de habilidades cognitivo-lingüísticas. Aportes de teoría y campo desde la didáctica de las ciencias experimentales* (pp. 49–74). Ed. Universidad del Valle.

- Quintanilla, M., y Mercado, M. (2022). Caracterización sobre explicaciones de docentes en servicio acerca de la noción científica de disolución. *Educación Química*, 33(3), 92–106. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.3.81475>
- Quintanilla, M., Olivares-Petit, C., y Madariaga, B. (2024). Competencias de pensamiento científico en la formación inicial del profesorado en química: Nuevos desafíos. En *Investigación para la mejora de las prácticas educativas desde una perspectiva holística* (pp. 3743–3749). Dykinson.
- Raviolo, A., y Lerzo, G. (2016). Enseñanza de la estequiometría: Uso de analogías y comprensión conceptual. *Educación Química*, 27(3), 195–204. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.04.003>
- Rawas, S. (2024). ChatGPT: Empowering lifelong learning in the digital age of higher education. *Education and Information Technologies*, 29(6), 6895–6908. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12114-8>
- Vila, W., y Seiwerth, M. (2021). La crisis económica de 1929 y su impacto en la movilización colectiva de Santiago y Valparaíso (1929–1934). *Cuadernos de Historia (Santiago)*, (54), 41–68. <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-12432021000100041>