

Artículo de Investigación

De la teoría a la práctica: desarrollo de estrategias de metacognición, autorregulación y autoevaluación en laboratorios de química general en la enseñanza universitaria

From theory to practice: development of metacognition, self-regulation and self-assessment strategies in general chemistry laboratories in university education

Robinson Dinamarca¹: Universidad de Concepción, Chile.

robidinamarca@udec.cl

Verónica Yáñez-Monje: Universidad de Concepción, Chile.

veyanez@udec.cl

Fecha de Recepción: 03/06/2024

Fecha de Aceptación: 02/09/2024

Fecha de Publicación: 12/11/2024

Cómo citar el artículo:

Dinamarca, R. y Yáñez-Monje, V. (2024). De la teoría a la práctica: desarrollo de estrategias de metacognición, autorregulación y autoevaluación en laboratorios de química general en la enseñanza universitaria [From theory to practice: development of metacognition, self-regulation and self-assessment strategies in general chemistry laboratories in university education]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-21. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1326>

Resumen:

Introducción: En la enseñanza experimental de la química ha predominado un carácter confirmatorio de la teoría, lo que dificulta la alfabetización química. Por lo anterior, el presente estudio busca indagar cómo la inclusión de un componente reflexivo en las evaluaciones de laboratorio contribuye a fomentar la metacognición, autorregulación y autoevaluación en estudiantes de Pedagogía en Ciencias Naturales. **Metodología:** La investigación es cualitativa de carácter exploratorio-descriptivo, con un diseño de Estudio de Caso. Se analizaron las

¹ Autor Correspondiente: Robinson Dinamarca. Universidad de Concepción (Chile).

respuestas de 47 estudiantes en las evaluaciones de 3 laboratorios de la asignatura Química General. A una submuestra se aplica una escala de apreciación para conocer su percepción acerca del dispositivo pedagógico aplicado. **Resultados:** Los estudiantes mostraron una evolución en la capacidad de procesamiento de la información y en la autoevaluación en el transcurso de los laboratorios. **Discusión:** La innovación evaluativa fue efectiva para promover un aprendizaje más profundo y significativo, así como para desarrollar habilidades metacognitivas y autorreguladoras en los estudiantes. La percepción positiva de los estudiantes respalda la utilidad de este enfoque en la alfabetización química. **Conclusión:** La innovación evaluativa contribuyó a mejorar el desempeño académico, fomentó la reflexión y promovió aprendizajes más significativos en los participantes.

Palabras clave: metacognición; autorregulación; autoevaluación; componente reflexivo, retroalimentación; laboratorios; alfabetización química; educación superior.

Abstract:

Introduction: Within the experimental teaching of chemistry, a confirmatory nature of the theory has prevailed, which makes chemical literacy difficult. Therefore, the present study seeks to investigate how the inclusion of a reflective component within the laboratory assessment contributes to promoting metacognition, self-regulation and self-assessment in science prospective teachers. **Methodology:** The research is qualitative. It comprises an exploratory-descriptive scope and a Case Study design. The responses of 47 students in the assessments of 3 laboratories within the subject of General Chemistry were analyzed. An appreciation scale is applied to a subsample to determine their perception in relation with the applied pedagogical device. **Results:** The pupils showed an evolution in their information processing capacity and self-assessment throughout the laboratories. **Discussion:** This assessment innovation was effective in terms of promoting deeper and more meaningful learning, as well as developing metacognitive and self-regulatory students skills. Positive perceptions by the students, support the usefulness of this approach in chemical literacy. **Conclusion:** The assessment innovation contributed to improving academic performance, encouraged reflection and promoted more significant learning from the participants.

Keywords: metacognition; self-regulation; self appraisal; reflective component, feedback; laboratories; chemical literacy; higher education.

1. Introducción

La alfabetización química refiere a las capacidades de los sujetos para comprender y aplicar los conocimientos de la química en la vida cotidiana (Shwartz et al., 2006a; Thummathong y Thathong, 2018). Estar alfabetizado químicamente involucra no solo el conocimiento y comprensión de los conceptos propios de esta disciplina, sino, además, la capacidad de resolver problemas complejos, aplicar el razonamiento científico y relacionar la química, la tecnología y la sociedad, tomando conciencia de las ventajas y posibles consecuencias, tanto prácticas como éticas, del desarrollo de esta área del conocimiento (Syarifa Fahmina et al., 2019). En este sentido, las actividades experimentales desempeñan un papel fundamental en la alfabetización química, promoviendo la adquisición de habilidades procedimentales en los estudiantes y proporcionando un entorno donde estos pueden aplicar los conceptos teóricos aprendidos en las lecciones a situaciones prácticas, contribuyendo de esta manera a fortalecer la comprensión y la conexión entre la teoría y la práctica (Agustian et al., 2022). El valor pedagógico de estas actividades reside en que brindan oportunidad de hacer tangibles los conceptos químicos, lo cual resulta fundamental en una disciplina como la química donde los fenómenos submicroscópicos solo pueden evidenciarse a través de la experimentación (Brock, 2011).

El uso de laboratorios en el aprendizaje de los estudiantes tiene un lugar preponderante en la educación química, sin embargo, en la práctica es una estrategia que presenta limitaciones y problemas, principalmente debido al enfoque confirmatorio que enmarca su implementación (Tüysüz, 2010). Este enfoque dificulta determinar el impacto real de las actividades experimentales en la alfabetización química, dado que resulta complejo demostrar alguna conexión definitiva entre el aprendizaje práctico y la comprensión conceptual (Cukurova, Hanley y Lewis, 2017). La investigación indica que, pese a los esfuerzos, los niveles de alfabetización química en estudiantes universitarios de primer año siguen descendidos (Thummathong y Thathong, 2018). En este contexto, se espera que, a través de las actividades experimentales, los profesores en formación adquieran habilidades prácticas y conceptuales que son fundamentales para la alfabetización química, ya que experimentar directamente con fenómenos científicos favorece la comprensión de la ciencia de manera más profunda y significativa (Dinçol Özgür, S., 2023).

1.1. Metacognición en Educación Química

Un componente clave para aprovechar el potencial de las actividades experimentales en la alfabetización química es la metacognición. Dado que integrar enfoques metacognitivos en la enseñanza experimental tiene por finalidad que los estudiantes participen en la ejecución de experimentos no solo desde el dominio técnico, sino más bien desarrollen habilidades para comprender y reflexionar sobre los resultados obtenidos. En este sentido, autores como Abarro y Asunción (2021) sostienen que los procesos metacognitivos pueden ayudar a superar las dificultades comunes en la educación química, como por ejemplo la percepción estudiantil en relación con que es una materia difícil y abstracta, así como también, ayudar a abordar de manera más efectiva los conceptos complejos. Se debe tener en cuenta que la comprensión de los conceptos químicos requiere de la interrelación consciente de varios niveles de fenómenos químicos, a saber: macroscópico, microscópico, simbólico y de proceso (Reyes-Cárdenas et al., 2021), lo que refleja la importancia de integrar las actividades metacognitivas en la enseñanza de la química.

Existe una estrecha relación entre los procesos metacognitivos y la autorregulación, ya que la metacognición implica el conocimiento y control de los procesos cognitivos, mientras que la autorregulación es la capacidad que tienen los estudiantes para actuar de manera independiente y gestionar de manera activa su proceso de aprendizaje (Azizah y Nasrudin, 2021; Olakanmi y Gumbo, 2017). La autorregulación combina diferentes estrategias que los estudiantes utilizan para dirigir y monitorear sus pensamientos, sentimientos y acciones con el fin de lograr los objetivos de aprendizaje, entre las que se encuentra las estrategias metacognitivas y la gestión de recursos. Las primeras involucran habilidades cognitivas necesarias para resolver problemas, pensamiento crítico, uso de bases de datos y selección y procesamiento de información relevante, mientras que la gestión de recursos considera la gestión del tiempo y del entorno del aprendizaje (Feldman-Maggor, 2023).

Estudios en el ámbito de la química respaldan la idea de que una enseñanza que promueva un aprendizaje autorregulado puede mejorar la metacognición y el rendimiento académico de los estudiantes (Fazriah, Irwandi y Fairusi, 2021). Por ejemplo, el trabajo de Olakanmi y Gumbo (2017) buscó comprender el perfil de las habilidades metacognitivas y el aprendizaje autorregulado en futuros profesores de química. En su estudio, los autores concluyen que existe una correlación estadísticamente significativa entre ambas habilidades, lo que influye en sus capacidades para monitorear, regular y controlar su cognición. De esto se desprende que la autoevaluación es un componente fundamental de la autorregulación, dado que permite a los estudiantes reflexionar críticamente sobre su propio desempeño y ajustar sus estrategias de estudio para abordar la tarea de manera eficiente (Andrade and Du, 2007). Lo anterior refleja que la integración de la metacognición, la autorregulación y la autoevaluación es crucial en el ámbito de la educación química, ya que forman un conjunto interrelacionado que potencia el aprendizaje profundo y de largo plazo esta disciplina (Dori and Avargil, 2015).

En la actualidad, existe escasa investigación en educación superior, especialmente a nivel de postgrado que vincule el desarrollo de estas habilidades y la alfabetización química (Lavi, Shwartz y Dori, 2019). Particularmente, en la formación de profesores, la falta de intervenciones que promuevan el desarrollo de la metacognición tiene implicancias en el aprendizaje de los futuros docentes, dado que se reducen las oportunidades pedagógicas para introducir estrategias con foco en las habilidades cognitivas de orden superior (Shwartz et al., 2006b). Dada la importancia de la enseñanza experimental en el proceso de alfabetización química, resulta fundamental fortalecer la formación de nuevos profesores mediante el desarrollo de las competencias necesarias para una correcta implementación de estrategias didácticas que promuevan los procesos metacognitivos, autorreguladores y autoevaluativos de manera de aprovechar todo el potencial de los laboratorios en la enseñanza de la química (Sandi-Urena y Stevens, 2011).

Considerando lo expuesto, el presente estudio tiene por objetivo indagar cómo una estrategia diseñada para el monitoreo formativo (Wiliam, 2018), implementada mediante una secuencia de test de laboratorios en la asignatura de química general, puede fomentar la metacognición, autorregulación y autoevaluación en los estudiantes de pedagogía en ciencias naturales, en el contexto de una institución de educación superior en Chile. En este sentido, se busca no solo medir el desempeño de los estudiantes, sino también promover su aprendizaje continuo y mejorar sus estrategias de estudio.

2. Metodología

La presente investigación se enmarca en el paradigma cualitativo con un carácter exploratorio-descriptivo. El diseño de investigación corresponde a un Estudio de Caso, dado que se indaga de manera detallada y en profundidad un fenómeno, individuos o grupos de interés (Carazo, 2006).

2.1. Muestra

El universo en estudio lo conformaron estudiantes de pregrado de primer año pertenecientes a tres carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales, con mención en Biología, Física y Química, que cursan y comparten la asignatura de Química General I, en una universidad de la región del Biobío, Chile. Este curso presenta los conceptos y herramientas básicas de la Química en una visión integrada de sus ramas tradicionales, y se imparte de manera colegiada con un docente responsable de la parte teórica y otro académico responsable de la parte experimental. La componente experimental involucra la realización de sesiones de laboratorio en las que los estudiantes visualizan, de manera práctica, los conceptos teóricos de la asignatura.

La investigación considera una muestra no probabilística, seleccionada por conveniencia de 47 estudiantes que forman parte del universo. Del total de los participantes, 27 estudiantes son de la mención Biología, 9 de la mención Física y 11 de la mención Química. Los criterios de inclusión para la selección de la muestra son: i) estudiantes de pregrado de primer año de las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales, con menciones en Biología, Física y Química, ii) que estén cursando la asignatura de Química General I, iii) que participen tanto de la parte teórica como en la parte experimental del curso, iv) que aceptan participar en el estudio de manera libre y voluntaria y v) que están dispuestos a colaborar en las actividades de investigación programadas.

2.2. Fases del diseño metodológico

La investigación se articula en cuatro fases que comprenden el diseño, validación, implementación y evaluación de un dispositivo pedagógico que consiste en una innovación evaluativa en el ámbito de la enseñanza experimental de la química. Esta innovación se articula mediante un conjunto de procedimientos de evaluación denominados “informes de laboratorios”, que evalúan el objetivo de cada actividad experimental, en el contexto del curso de química general I, en el caso de las carreras de Pedagogía en Ciencias Naturales.

En la primera fase, se analiza en profundidad la estructura y contenido de los informes que tradicionalmente se empleaban para evaluar el aprendizaje al finalizar cada actividad experimental. Esta evaluación originalmente se organizaba en dos apartados, el primero relacionado con el registro de las magnitudes físicas medidas durante la actividad experimental, las que deben ser registradas utilizando las cifras significativas y unidad de medida correctas para cada magnitud. Y en la segunda parte, cada estudiante debía procesar los datos experimentales con la finalidad de encontrar la respuesta a la pregunta u objetivo de la actividad experimental.

En el marco de la innovación evaluativa, cada informe de laboratorio se modifica incorporando una nueva sección orientada, de manera más explícita, a promover y monitorear los procesos metacognitivos, autorreguladores y de autoevaluación. De esta manera se conforma un dispositivo pedagógico en el que cada pregunta de esta nueva sección del instrumento es diseñada cautelando su coherencia con el resultado de aprendizaje de la actividad, con el procedimiento experimental y, particularmente, con los procesos metacognitivos desarrollados a propósito de la actividad de aprendizaje, aspecto que estaba ausente en los informes tradicionales de laboratorio. Es así como, en el contexto de esta investigación, esta situación evaluativa incluye preguntas, del tipo respuesta abierta, con el propósito de fomentar en estudiantes de pedagogía competencias que le permitan indagar en sus propios procesos cognitivos para planificar acciones y estrategias de manera consciente, de modo de enfrentar desafíos de aprendizaje futuros y a partir de ello, desarrollar la capacidad de emitir juicios fundados acerca de sus desempeños. De esta manera el diseño de estas preguntas busca que los estudiantes establezcan qué han aprendido, la forma en lo han hecho (metacognición), la planificación de acciones y estrategias para mejorar sus desempeños (autorregulación) y teniendo esto en consideración puedan monitorear su propio desempeño con fundamento (autoevaluación). Además, en el planteamiento de estas interrogantes, se cautela la claridad y precisión del lenguaje utilizado, así como la relevancia y pertinencia del contenido, para asegurar que los estudiantes puedan interpretar y responder adecuadamente cada pregunta. En adelante esto será denominado componente reflexivo de la evaluación implementada.

Posteriormente, en la segunda fase, cada instrumento es validado por una Doctora en Evaluación en Educación, por medio del juicio de experto (Rodríguez Medina, 2021). Este procedimiento permite asegurar el cumplimiento de los criterios de validez, aplicabilidad y objetividad de las preguntas, así como también cautelar la estructura de sus componentes. Esto es: comunicar la perspectiva o contexto desde la cual están planteadas, señalar las acciones que debieran estructurar sus respuestas y la precisión de la interrogante o instrucción central de estos reactivos (Mineduc, 2020).

En la tercera fase, se lleva a cabo la implementación de las actividades experimentales y su correspondiente procedimiento de evaluación, en el transcurso de cinco semanas, con laboratorios realizados de forma quincenal. Cada laboratorio, parte integral del dispositivo pedagógico, inicia con las instrucciones y lineamientos generales de la actividad por parte del profesor. A continuación, los estudiantes se dirigen a sus estaciones de trabajo para desarrollar la actividad práctica de acuerdo con los procedimientos detallados en la guía de laboratorio. Una vez finalizada la experimentación, los estudiantes reciben un test para evaluar el informe de laboratorio, el cual debían completar in situ.

Finalmente, la cuarta fase de evaluación contempla: i) retroalimentación dialógica apoyada con un instrumento de corrección, ii) análisis de las respuestas de los estudiantes a las preguntas reflexivas y iii) la percepción de los estudiantes acerca del dispositivo pedagógico. En este sentido, posterior a la realización del laboratorio, en la siguiente sesión, cada estudiante recibe una retroalimentación por escrito a las respuestas por medio de una pauta de corrección. En este documento se detallan los criterios e indicadores de evaluación que establecen el estándar que se utiliza para evaluar y calificar las respuestas en el informe de laboratorio. Esta pauta de corrección proporciona una guía clara y estructurada sobre cómo se asignan las puntuaciones en contraste con la evidencia de cumplimiento de estos criterios. Este es un proceso iterativo que buscó asegurar que los estudiantes no solo comprendieran sus errores y aciertos, sino que también pudieran mejorar continuamente sus habilidades y conocimientos en futuras actividades experimentales. Es decir, se intentó vincular el propósito formativo y sumativo de la evaluación, no se trataba solo de certificar aprendizajes, la retroalimentación adquirió prevalencia en el proceso.

2.3. Procedimientos de recogida y análisis de datos

La estrategia de recolección y análisis de datos se llevó a cabo mediante diferentes procedimientos. En primer lugar, las respuestas a las interrogantes del componente reflexivo de los informes de laboratorio se recopilaron mediante un proceso de sistematización y digitalización para generar los datos. Estos datos luego son codificados y analizados utilizando el software Atlas.ti, mediante el procedimiento de análisis documental a través de categorías preestablecidas (ver tabla 1) y estadística descriptiva simple (Sampieri, 2018). Este análisis permitió categorizar y cuantificar los tipos de respuestas, identificando patrones y tendencias en el desempeño de los estudiantes.

Tabla 1.

Dimensiones y categoría de análisis de datos.

Dimensión	Categoría de análisis
Metacognición	Conocimiento declarativo de los procesos cognitivo
	Conocimiento de la regulación procedimental de los procesos cognitivos
Autorregulación	Gestión del contexto
	Gestión prospectiva de la actividad experimentales

Autoevaluación	Evaluación del proceso cognitivo
	Evaluación del proceso procedimental

Fuente: Elaboración propia (2024).

En segundo lugar, se aplicó a una submuestra de los sujetos de estudio una escala de percepción tipo Escala de Likert que incluía un componente cualitativo, para profundizar en la percepción y valoración de los estudiantes respecto a la innovación evaluativa aplicada en los informes de laboratorio. Las respuestas de los participantes fueron transcritas, codificadas y categorizadas siguiendo la estrategia de interpretación de significado, permitiendo obtener una visión integral y cualitativa de la experiencia estudiantil.

3. Resultados

En esta investigación se recopiló las respuestas de los participantes en tres actividades de laboratorios diseñadas para evaluar los procesos metacognitivos, autorreguladores y de autoevaluación. Las actividades experimentales que forman parte del estudio abordan el conocimiento básico del material de laboratorio, el uso de técnicas de separación de mezclas y la determinación de la densidad de sólidos y líquidos.

Cada informe de laboratorio se estructuró en tres apartados, los dos primeros evaluaron las actividades experimentales desde un enfoque tradicional orientado a la medición de la capacidad de registrar datos empíricos en forma precisa con instrumentos de medición y su respectivo procesamiento para encontrar una magnitud física de interés, el que ha sido denominado “componente conceptual”. Por otro lado, el tercer apartado consideró tres preguntas orientadas a evaluar la capacidad de metacognición, autorregulación y de autoevaluación de los estudiantes, lo que formó parte del enfoque de innovación evaluativa en esta parte del curso, que a su vez denominamos “componente reflexivo”. En la tabla 2 se muestra el nivel de logro promedio para cada informe de laboratorio considerando las respuestas de los estudiantes a las preguntas incorporadas en ambos componentes.

Tabla 2.

Nivel de logro promedio en cada apartado y dimensión del informe de laboratorio.

Laboratorio	Componente		Dimensión		
	Conceptual	Reflexivo	Metacognitiva	Autorreguladora	Autoevaluativa
1	71%	79%	78%	74%	85%
2	72%	82%	77%	81%	87%
3	69%	75%	66%	77%	81%
Total	71 %	78 %	74 %	77 %	84 %

Fuente: Elaboración propia (2024).

Como se observa en la tabla 2, las preguntas del componente reflexivo de la evaluación aumentaron progresivamente su puntaje relativo a medida que se avanzó en la implementación de las sesiones de laboratorios. Los porcentajes de logro evidenciaron una mayor adopción de prácticas reflexivas por parte de los estudiantes. Cabe señalar que estos resultados muestran un alto nivel de desempeño tanto en las preguntas del componente conceptual, asociado a la evaluación tradicional de una actividad experimental, como en las preguntas del componente reflexivo introducidas en este estudio. La evaluación del tercer laboratorio arrojó porcentajes de logro más descendidos en general y en las tres dimensiones

del componente reflexivo. Esto puede deberse a que la actividad experimental en este laboratorio involucró una tarea compleja que demandaba la calibración previa y la identificación de una muestra problema. Los resultados revelan que en las tres dimensiones del componente reflexivo los estudiantes alcanzaron un alto nivel de logro, superior al 66%. Estas puntuaciones ascienden en cifras superiores al 80% en el caso de la dimensión autoevaluativa.

Las tres preguntas que formaron parte del componente reflexivo en cada informe de laboratorio fueron corregidas y retroalimentadas utilizando una pauta de corrección. Esta pauta establecía los criterios y estándares de desempeño con los que se evaluó la calidad de las respuestas, considerando indicadores como por ejemplo, la capacidad de emitir juicio, justificando a través de ideas claras y coherentes sus decisiones. El uso de este instrumento buscó, por una parte, asegurar la objetividad de la evaluación, minimizando sesgos en la corrección de la pregunta, y, por otra, entregar información que permitiera retroalimentar a los estudiantes. Las pautas de corrección empleadas permitieron asignar un valor numérico a los indicadores de desempeño frente a cada pregunta, facilitando así la comparación y la interpretación de los resultados. Estos resultados se consignan en las tres columnas de la derecha de la tabla 2.

Al contrastar los resultados globales entre dimensiones (metacognitiva-autorreguladora - autoevaluativa), se observa que los estudiantes presentaron más dificultades en el plano metacognitivo expresado en porcentajes de logro de 78%, 77% y 66% para el primer, segundo y tercer laboratorio, respectivamente. Su capacidad autorreguladora, en cambio, mejora en promedio a medida que avanzan en el trabajo pedagógico del laboratorio. Esto es más evidente aún, respecto de sus habilidades autoevaluativas, dado que exhiben resultados superiores al 80% de manera más estable durante la intervención.

3.1. Análisis de las respuesta del componente reflexivo

En esta subsección se presentan los principales hallazgos relacionados con las dimensiones que forman parte del componente reflexivo, específicamente. La tabla 3 muestra las subcategorías que emergieron del proceso de codificación mediante la frecuencia relativa respecto al valor máximo de la presencia del código en cada dimensión. El análisis de los datos fue realizado mediante un proceso de codificación abierta, asignado códigos a nivel de frases y conceptos (contenido) que son parte de las respuestas escritas de los estudiantes. Posteriormente, estos códigos son examinados y agrupados en subcategorías que se contrastan con las categorías preestablecidas en el diseño metodológico (ver tabla 1).

Tabla 3.

Frecuencia relativa de las categoría y subcategoría en las respuestas de los estudiantes.

Dimensión	Categoría	Subcategoría	Frecuencia relativa		
			Lab 1	Lab 2	Lab 3
Metacognición	Conocimiento declarativo de los procesos cognitivo	Dificultad en el procesamiento de la información	0,68	0,18	1,00
		Dificultad en procesar la respuesta	0,18	0,05	0,15
		Procesamiento eficaz de la información	0,50	0,40	0,18
	Conocimiento de la	Estrategias utilizadas para enfrentar la pregunta	0,13	0,25	0,00

	regulación procedimental de los procesos cognitivos	Procesos cognitivos involucrados en la respuesta	0,13	0,30	0,30
		Estrategia utilizada para comprender la actividad	0,05	0,80	0,05
Autorregulación	Gestión de la cognición	Conciencia de la utilidad del conocimiento adquirido	0,05	0,06	0,06
	Gestión prospectiva de la actividad experimentales	Aprendizaje proyectivo	0,16	0,57	0,63
		Rigurosidad en el procedimiento experimental	1,00	0,65	0,49
Autoevaluación	Evaluación del proceso cognitivo	Factores que influyen en el proceso de aprendizaje	0,42	0,66	1,00
		Factores que influyen en el proceso de comprensión de la actividad	0,36	0,28	0,34
	Evaluación de la regulación procedimental	Factores que influyen en la comprensión de sus procesos cognitivos	0,24	0,06	0,30
		Estrategias de trabajo colaborativo	0,22	0,16	0,20
		Eficiencia en el trabajo experimental	0,54	0,58	0,30
	Factores que influyen en su comprensión del procedimiento experimental	0,46	0,26	0,30	

Fuente: Elaboración propia (2024).

La tabla 3 revela los resultados obtenidos por los estudiantes en sus respuestas a las tres dimensiones del componente reflexivo. Este análisis reveló perspectivas esclarecedoras que permiten comprender cómo los estudiantes piensan respecto de su proceso de aprendizaje en las actividades experimentales, así como también cómo la retroalimentación les permitió evolucionar progresivamente en su desempeño, es decir, cómo interpretaron la evaluación formativa a partir de la aplicación de este dispositivo pedagógico. A continuación, se describen los principales resultados, lo que es complementado con fragmentos de algunas respuestas para ejemplificar estos hallazgos.

3.1.1. Dimensión metacognitiva

En primer lugar, en la dimensión metacognitiva las respuestas de los estudiantes muestran una mayor frecuencia relativa en las subcategorías asociadas a un conocimiento declarativo de los procesos cognitivos. Las respuestas de los estudiantes evidenciaron dificultad para comprender el procesamiento de la información, dado que manifestaron no comprender el procedimiento de la actividad experimental descrito en la guía de laboratorio. Esta dificultad, explicaron los estudiantes, se originó al enfrentar por primera vez a tareas de esta naturaleza en los laboratorios de química, por lo cual desconocían el nombre de los materiales y la forma de actuar en estos escenarios de aprendizaje. Se observa que en el segundo laboratorio los estudiantes presentaron menor dificultad en el procesamiento de la información y de la respuesta, lo que ellos atribuyen a la menor complejidad en el procedimiento de la actividad experimental, puesto que lograron evidenciar sus efectos en situaciones de la vida diaria, relacionándolos con experiencias previas. Sin embargo, en el tercer laboratorio aumentó

nuevamente la dificultad en el procesamiento de la información y disminuyó la subcategoría referida al procesamiento eficaz de la misma. Este comportamiento fue asociado a la complejidad de la tarea que, en el caso del primer laboratorio, estaba dada por su novedad y en el tercero el desafío de aprendizaje involucró varias etapas para establecer la densidad de una muestra problema, lo que demandó aplicar parte del mismo aprendizaje desarrollado durante la actividad experimental.

Respecto a la subcategoría de “procesamiento eficaz de la información” se observa una disminución en su frecuencia relativa al avanzar en los laboratorios, lo que se encuentra en línea con la mayor complejidad cognitiva de las actividades experimentales. Este juicio en torno al grado de dificultad menor (fácil) se reportó sin acompañar argumentos que lo explicaran en la mayoría de los estudiantes. Aquellos estudiantes que sí justificaron su idea la atribuyeron a su habilidad para recordar información previa y a la relación de la actividad con experiencias similares. Una muestra de este comportamiento en los procesos metacognitivos se ilustra en la tabla 4, a partir de las respuestas del “estudiante 13” en los tres laboratorios.

Tabla 4.

Ejemplos de respuestas de la dimensión metacognitiva del “estudiante 13”.

Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3
La dificultad que presenté fue la medida exacta, debido a que para estimar la cifra de incertidumbre no presentaba mucha información en la imagen.	Considero que las (actividades) experimentales me facilitan bastante el aprendizaje, ya que soy una persona que aprende mejor en la práctica que en la teoría. Aun así, lo bueno de las (actividades) demostrativas es que nos da una idea bastante clara del experimento sin exponerme a algún riesgo.	La mayor dificultad fue leer la longitud de este (sólido), debido a que nunca había ocupado el instrumento y me confundía a la hora de asignar los valores porque era más preciso y había más pasos para llegar al resultado. Ocupar pinzas también fue una dificultad, a momentos quería agarrarlo con mi mano, pero no podía.

Fuente: Elaboración propia (2024).

En los ejemplos de respuesta anteriores es posible también observar algunos aspectos asociados a la regulación de los procesos cognitivos. Sin embargo, estos se manifiestan con menor frecuencia a lo largo del curso, en esta dimensión. Destaca la frecuencia relativa en el segundo laboratorio para las subcategorías asociadas a elementos reguladores de los procesos cognitivos. Estas subcategorías se relacionaron con el uso de estrategias para abordar o comprender la actividad experimental, entre las que se encuentra prestar atención a las explicaciones del profesor, siguiendo los modelos que se le presentan al inicio de la actividad. Los participantes, reconocieron que una forma de abordar los laboratorios fue poner en práctica los conceptos teóricos del curso, haciendo una asociación analógica con situaciones cotidianas. Este tipo de estrategias fue vinculado con una mayor autonomía para poner en acción la dimensión del “hacer” de una competencia.

3.1.2. Dimensión autorreguladora

En segundo lugar, en la dimensión autorreguladora las respuestas de los estudiantes mostraron una clara preponderancia de la categoría asociada a la “gestión prospectiva de la actividad experimental”. Las frecuencias relativas de esta dimensión evidenciaron un incremento en un aprendizaje proyectivo a medida que aumenta la experiencia en las

actividades experimentales y los estudiantes asimilan el dispositivo pedagógico. Esta subcategoría consideró respuestas de estudiantes que contenían acciones de carácter proyectivo, lo que fue indicativo de un conocimiento adquirido a partir de la experiencia en el laboratorio, sin embargo, en muchas ocasiones, estas acciones o precauciones son procedimientos mencionados en la misma guía de trabajo de la actividad. Al mismo tiempo, se evidenció una disminución en la rigurosidad en el procedimiento experimental. Esta subcategoría agrupó las respuestas de los estudiantes que describieron precauciones o acciones que ayudaban a un buen desarrollo de las etapas de los procedimientos experimentales. Estas acciones estaban centradas en la prevención de accidentes y el resguardo de la integridad física. Cabe mencionar que las precauciones destacadas por los estudiantes tenían un carácter genérico, es decir, no necesariamente surgieron de la experiencia vivida sino más bien de las indicaciones contenidas en la guía de laboratorio. La evolución de los procesos autorreguladores durante las actividades experimentales se ejemplifica en la tabla 5.

Tabla 5.

Ejemplos de respuestas de la dimensión autorreguladora de diferentes estudiantes.

Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3
Cerrar bien la llave para que no escape el gas. Tener cuidado con la llama para evitar accidentes como quemadura y tener cuidado al momento de flamear el tubo de ensayo. (E34)	Debo tener precaución en el nombre del reactivo (rotulado) ya que casi agrego 2 veces Na_2CO_3 . Tener cuidado en la forma de abrir el frasco con los dedos inferiores. (E19)	Una acción sería el cuidado con la manipulación. Una cinta de zinc debe ser delgada ya que cualquier roce podría modificar la masa. Durante el laboratorio me di cuenta que hasta el viento es capaz de cambiar la medida. Otro factor a tomar en cuentas es centrar bien el objeto a masar, ya que esto también afecta la toma de la medida. (E9)

Fuente: Elaboración propia (2024).

3.1.3. Dimensión autoevaluativa

En tercer lugar, la dimensión autoevaluativa de las preguntas reflexivas reveló un cierto equilibrio en la frecuencia relativa para las dos categorías (ver tabla 3). Así también, se observa cierta variabilidad, dependiendo de la actividad experimental sobre la cual emitieron su juicio autoevaluativo. Por ejemplo, en el laboratorio 3 algunas frecuencias se mantienen y otras descienden lo que puede estar relacionado con la naturaleza de la actividad experimental desarrollada en este laboratorio, que involucró un grado de dificultad más alto, dado que demandó conocer un nuevo procedimiento experimental y su aplicación en una muestra problema.

Respecto de la subcategoría “Factores que influyen en el proceso de aprendizaje”, la frecuencia relativa se incrementó en el desempeño de los estudiantes, en el transcurso de los laboratorios. Esta subcategoría consideró diversas perspectivas desde la cual los estudiantes explicaron sus niveles de desempeño “buenos” o “muy buenos”. Por una parte, valoraron su eficiencia en el desarrollo de la actividad experimental, atribuyendo su buen desempeño a su comprensión sobre la tarea desarrollada, a la conciencia de los errores cometidos durante la tarea, a la capacidad de anticipación y su habilidad de relacionar la tarea con conocimiento previo, lo que a su vez les imprime confianza para realizar la actividad. Del mismo modo, identificaron elementos que no les permitía evaluarse con el nivel “muy bueno”, pues reconocían que cometieron ciertos errores en el procedimiento experimental o bien les faltó estudiar previo al

desarrollo de la actividad. Algunos estudiantes también reconocieron cierta evolución de su desempeño producto de la experiencia adquirida en las actividades experimentales.

En línea con las otras dos dimensiones del componente reflexivo, los resultados de frecuencia relativa muestran una singularidad para el segundo laboratorio con una menor frecuencia para elementos asociados a la subcategoría “Factores que influyen en la comprensión de sus procesos cognitivos”. En esta subcategoría se encuentran estudiantes que evaluaron por lo general su desempeño como “regular” o “deficiente”, debido a que reconocían una capacidad para comprender sus errores durante la actividad experimental, asociándolo por lo general a la falta de estudio o los desafíos que involucraba enfrentar una nueva actividad, lo que les generó dudas acerca de sus propias capacidades. Una muestra de los tipos de evaluación que realizan los estudiantes sobre su desempeño se ilustra en la tabla 6.

Tabla 6.

Ejemplos de respuestas de la dimensión autoevaluativa de diferentes estudiantes.

Laboratorio 1	Laboratorio 2	Laboratorio 3
(Nivel de desempeño Regular) Me desarrollé con lentitud producto de nervios provocando el consumo del tiempo, debido a lo mismo derramé agua sobre mi cuaderno. Sin embargo, realice las actividades con cuidado, siguiendo los pasos y anotando todos los datos necesarios. Tuve a favor al menos 10 minutos, y practiqué las veces necesarias el uso de las pipetas. (E11)	(Nivel de desempeño Muy bueno) Gracias al laboratorio pasado en el que aprendí el funcionamiento del laboratorio y el uso de sus materiales, ahora puedo trabajar de manera cómoda y sencilla. Ahora también actué de manera más flexible con la actividad porque se me fue fácil comprender lo que estaba haciendo. (E26)	(Nivel de desempeño Regular) Esta vez comprender el texto fuera del laboratorio se me complicó más, por lo que al llegar al laboratorio no estaba segura de lo que realicé y por ello demoré más. Para este laboratorio me acomplejé más el uso de los instrumentos mientras identificaba valores, además mis apuntes del cuaderno fueron escasos. (E42)

Fuente: Elaboración propia (2024).

De los ejemplos anteriores, y en coherencia con la alta frecuencia relativa de la subcategoría “eficiencia en el trabajo experimental”, los estudiantes se asignaban un buen desempeño con base en la eficiencia con la que realizaron la actividad experimental. Esta eficiencia la justificaron a partir del menor tiempo que utilizaron para desarrollar el laboratorio y la calidad con la que ejecutaron el procedimiento experimental. Para estos estudiantes la eficiencia estaba relacionada directamente con prestar atención y seguir las instrucciones del docente.

En general, al contrastar la frecuencia relativa de la dimensión autoevaluativa con los niveles de desempeño autoasignados por los estudiantes, es posible evidenciar un alto grado de coherencia en cómo los participantes evalúan su propio desempeño, evidenciando una actitud reflexiva y crítica de su actuar en la actividad experimental, lo que les permite identificar aspectos a mejorar para lograr niveles de desempeños mayores.

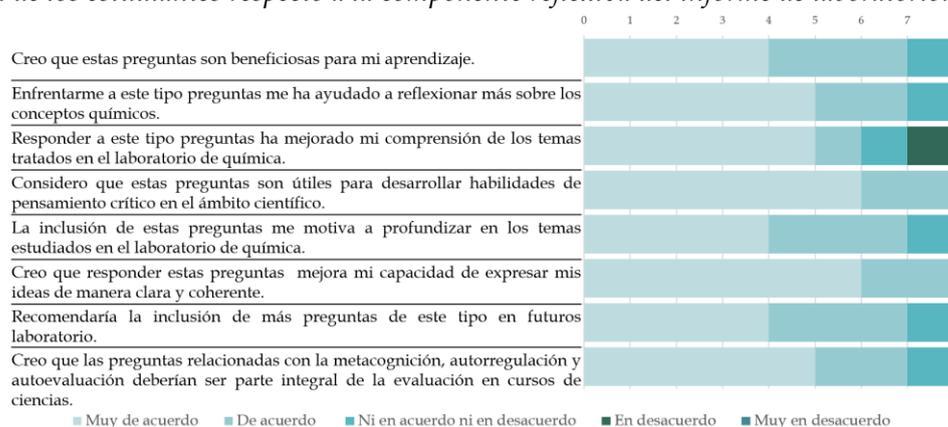
3.2. Percepción de la Innovación Evaluativa

La evaluación de la percepción de los estudiantes sobre el impacto que tuvo en su aprendizaje la incorporación del componente reflexivo en los informes de laboratorio se realizó mediante una escala de percepción que consideró una sección de índole cualitativa aplicada a una submuestra de 8 estudiantes seleccionados aleatoriamente entre los 47 participantes del estudio. En la figura 1 se presentan los grados de acuerdo de los estudiantes consultados respecto a una serie de afirmaciones en relación con las preguntas del componente reflexivo.

Los resultados muestran que la mayoría está de acuerdo o muy de acuerdo respecto al impacto positivo de este dispositivo pedagógico en los laboratorios de química general, lo que evidenció un consenso generalizado respecto a la utilidad y beneficios para el aprendizaje de las preguntas reflexivas en los informes de laboratorio. En este sentido, los estudiantes consideraron que este tipo de preguntas resultaron beneficiosas en su proceso de aprendizaje, dado que les ayudó a reflexionar y mejorar su comprensión de los temas tratados, desarrollando habilidades de pensamiento crítico, además de permitirles mejorar su capacidad de expresar ideas de manera clara y coherente. Este tipo de preguntas les motivó a profundizar en los temas estudiados, por lo cual también se encuentra de acuerdo en recomendar la inclusión de estas en otras actividades experimentales o bien formar parte de otros cursos.

Figura 1.

Percepción de los estudiantes respecto a la componente reflexiva del informe de laboratorio.



Fuente: Elaboración propia (2024).

En línea con lo anterior, las respuestas de la submuestra de estudiantes en el apartado cualitativo, que contenía la escala de percepción, ratificaron la percepción global del curso, en torno a que las preguntas del componente reflexivo son beneficiosas para su aprendizaje. Los estudiantes mencionaron que estas preguntas les ayudaron a: reflexionar sobre lo realizado en el laboratorio, identificar sus carencias, mejorar su comprensión de los conceptos. Ejemplo de lo anterior, se ilustra en los comentarios del “estudiante 4”, quien señala “me parecen favorables para la comprensión de la actividad de laboratorio, porque nos hace reflexionar más respecto a lo realizado y comprender los aspectos a mejorar a futuro”, y del “estudiante 7” al mencionar, “considero que es beneficioso ya que, tanto al profesor como al alumno, muestra evidencias sobre la comprensión sobre lo que se realizó”.

Los estudiantes consideraron además que responder este tipo de preguntas contribuyó al desarrollo del pensamiento crítico y su autoevaluación. Ejemplo de esta valoración se ilustra en la respuesta del “estudiante 5”, quien menciona que las preguntas tienen un impacto

significativo: “me permite reflexionar y darme cuenta de lo que estoy aprendiendo y el por qué, haciéndome una clara autoevaluación de cómo voy en cada laboratorio y el cómo lo abordo”. Una valoración similar es la expresada por el “estudiante 7”, quien indica: “ha mejorado mi aprendizaje ya que me hace profundizar en la comprensión de los conceptos, desarrollar el pensamiento crítico, meditar sobre lo que hice y con lo que debería tener en cuenta a futuro y además a redactar mejor”.

Desde una proyección como futuros docentes, los estudiantes consultados expresaron una opinión positiva respecto a las preguntas del componente reflexivo, dado que consideraron que fueron beneficiosas desde su perspectiva de estudiantes y también para el profesor, ya que se constituye en oportunidad para una mejora continua a través de la autocrítica. En este sentido, los estudiantes valoraron el carácter “libre” de la respuesta, lo que ofreció una instancia para reflexionar y comprender los aspectos a mejorar en el futuro. Ejemplos que ilustran esta idea son las respuestas de dos participantes a la interrogante: ¿Cómo crees que estas preguntas podrían influir en tu desempeño como futuro profesor o profesora en ciencias naturales?, donde el “estudiante 3” cree que estas tienen un impacto positivo ya que “al implementar este tipo de preguntas en las etapas iniciales de la escuela igual fomenta a que los estudiantes estén más adaptados y es un factor determinante para que aprendan de una manera reflexiva de su propio proceso”. De igual modo, el “estudiante 5” señala que “me gustaría implementar este tipo de preguntas de enfoque ya que siento que para mis estudiantes sería una forma más didáctica de ver cómo funciona la química y que ellos puedan reflexionar y mejorar”.

La mayoría de los consultados recomendaron la incorporación de más preguntas de este tipo en cursos superiores de la línea disciplinar, ya que ayudaron en el reconocimiento de dificultades, en la motivación y en el fomento de la reflexión. Además, algunos estudiantes sugirieron que este tipo de preguntas reflexivas no solo sean incorporadas al término de un laboratorio, sino más bien en el proceso, con la finalidad de generar un hábito de reflexión sostenida sobre su aprendizaje.

4. Discusión

Los hallazgos obtenidos tienen implicancias tanto teóricas como prácticas en el ámbito de la alfabetización química en educación superior. La inclusión de preguntas de metacognición, autorregulación y autoevaluación en los informes de laboratorio de química general influye positivamente en el desempeño académico de los estudiantes, lo que sugiere una mayor asimilación de prácticas reflexivas a medida que se avanzan en los laboratorios. Los resultados emanados del análisis cualitativo de las respuestas de los estudiantes sugieren que la incorporación de un apartado destinado a promover los procesos reflexivos en los procedimientos evaluativos de las actividades experimentales no solo mejora el desempeño de los estudiantes en la evaluación tradicional, centrada en un enfoque confirmatorio de la teoría, sino que también promueve un aprendizaje más profundo y significativo en ellos. Lo anterior, refuerza la idea que la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje puede potenciar la comprensión de los conceptos y el procedimiento experimental, lo que a su vez puede tener un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes.

En el mismo sentido, los resultados parecen desafiar la idea que para medir el aprendizaje en el contexto de los laboratorios de química general es suficiente con evaluar las habilidades empíricas desde un enfoque tradicional, donde predomina el carácter confirmatorio de lo teórico (Tüysüz, 2010). El dispositivo pedagógico permite a los estudiantes reflexionar sobre su propio pensamiento, regular sus procesos cognitivos y evaluar su desempeño durante la actividad, lo que genera un desarrollo de habilidades cognitivas de orden superior

indispensables para el desarrollo del pensamiento científico. Lo anterior, toma relevancia considerando que los participantes del estudio son futuros docentes que deberán desarrollar este tipo de habilidades en sus propios estudiantes.

Desde la perspectiva de la dimensión metacognitiva, los resultados del estudio revelan elementos significativos respecto a las habilidades de los estudiantes para reflexionar sobre sus propios procesos cognitivos a partir de las actividades experimentales desarrolladas. Se evidencia una predominancia de un conocimiento declarativo de su cognición (Millar y Abrahms (2009), es decir los estudiantes son capaces de tener cierta conciencia sobre lo que saben, pudiendo identificar aquellos aspectos que le son más fáciles o bien más confusos que otros. En este sentido, las frecuencias relativas de esta categoría evidencian que los estudiantes presentan dificultad en el procesamiento de la información, especialmente en la comprensión de los procedimientos descritos en la guía de laboratorio. Este hallazgo por una parte sugiere que los estudiantes pueden enfrentar desafíos al aplicar sus conocimientos teóricos a situaciones prácticas, lo que resalta la importancia de fortalecer la conexión entre la teoría y la práctica en el proceso de aprendizaje (Agustian *et al.*, 2022).

A medida que se avanza en la implementación de las actividades experimentales los estudiantes asimilan el énfasis reflexivo de la evaluación, es posible evidenciar una evolución en la capacidad de procesamiento de la información, con una disminución en la eficiencia del procesamiento en el tercer laboratorio, lo que se explica en parte por la naturaleza de la tarea que involucró una mayor complejidad cognitiva. Esta tendencia sugiere que los estudiantes pueden experimentar dificultades crecientes al enfrentarse a actividades experimentales más desafiantes, lo que resalta la necesidad de diseñar estrategias de enseñanza que apoyen el desarrollo de habilidades metacognitivas en contextos de mayor complejidad y que a su vez sean sostenibles en el tiempo para poder emplearlas en los cursos superiores del eje disciplinar de la carrera. Estos resultados refuerzan la necesidad de integrar estrategias metacognitivas en la enseñanza de la química para mejorar la transferencia de conocimientos teóricos a la práctica, lo que puede tener implicaciones significativas en la formación de futuros profesores (Abarro y Asunción, 2021).

En la dimensión autorreguladora, los hallazgos del estudio proporcionan información valiosa acerca de la capacidad de los estudiantes para gestionar sus procesos cognitivos a partir de la experiencia adquirida. De acuerdo con la frecuencia relativa, se evidencia una preponderancia de la categoría asociada a la gestión del contexto, lo que sugiere que los estudiantes tienden a enfocarse en aspectos externos, como seguir las indicaciones de la guía de laboratorio, en lugar de desarrollar estrategias internas para regular sus procesos cognitivos. Este comportamiento es indicativo de una falta de conciencia sobre la importancia de la regulación propia en los laboratorios de química, lo que a su vez deja de manifiesto la necesidad de promover un enfoque más proactivo y autónomo en la gestión de los procesos mentales en este tipo de actividades de aprendizaje. Lo anterior, puede ser explicado desde el punto de vista del diseño de la investigación, debido a que, en el diseño del procedimiento evaluativo, las preguntas autorreguladoras fueron construidas para conducir al estudiante a una planificación de acciones futuras sobre un tema específico del laboratorio, en relación con precauciones o acciones de cómo prevenir ciertas problemáticas en el procedimiento experimental a partir de la experiencia vivida. Dado el carácter exploratorio de este estudio, es parte de los desafíos indagar en mayor profundidad si la baja presencia de habilidades autorreguladoras se debe a la capacidad de los estudiantes o bien a la especificidad de la propia interrogante.

Los hallazgos también muestran que a medida que se avanza en los laboratorios se evidencia una disminución en la frecuencia en la categoría “rigurosidad en el procedimiento experimental”, lo que plantea interrogantes sobre la efectividad de las estrategias de

autorregulación implementadas, ya que, si bien aumenta el aprendizaje proyectivo en el tiempo, la falta de rigurosidad en el procedimiento puede comprometer la calidad de los resultados obtenidos en las actividades experimentales. Lo anterior, desafía la idea que la autorregulación es una habilidad que se desarrolla de manera lineal con la experiencia, lo que podría sugerir la necesidad una intervención más específica para los procesos autorreguladores que obligue al estudiante a ir más allá de seguir las instrucciones de las guías de laboratorio para responder la interrogante asociada a esta dimensión.

Los resultados de la dimensión autorreguladora en esta innovación evaluativa contribuyen a enriquecer la comprensión de cómo los estudiantes gestionan sus procesos cognitivos en el ámbito de la enseñanza experimental de la química. La mayor frecuencia en la gestión prospectiva de la actividad experimental plantea la necesidad de incorporar en el diseño de intervenciones pedagógicas estrategias que promuevan la gestión de la cognición para lograr una autorregulación efectiva, que promueva un aprendizaje profundo y significativo en los estudiantes.

Respecto a la dimensión autoevaluativa, los resultados revelan un equilibrio en la evaluación de los procesos cognitivos y la evaluación de la regulación procedimental por parte de los estudiantes para emitir juicios sobre su propio desempeño. La frecuencia relativa entre ambas categorías sugiere que los estudiantes tienen una capacidad significativa para reflexionar sobre su propio desempeño y comprender los factores que influyen en su proceso de aprendizaje durante los laboratorios de química general. La mayor frecuencia en subcategorías como la “evaluación de factores que influyen en el proceso de aprendizaje” indica una mayor conciencia de los estudiantes sobre los elementos que impactan en su rendimiento, lo que puede ser crucial para promover una mejora continua en su desempeño.

A medida que se avanza en los laboratorios, el cambio en las frecuencias relativas de las subcategorías de esta dimensión sugiere una evolución en la capacidad autoevaluativa de los participantes. Esta evolución puede ser relacionada con la experiencia adquirida producto de la aplicación del componente reflexivo en los informes de laboratorio y la retroalimentación recibida por medio de la pauta de corrección. Cabe señalar, que, de las tres dimensiones del componente reflexivo, la autoevaluación del desempeño es una práctica familiar para la mayoría de los estudiantes, dado que ya en la educación escolar se suele promover este tipo de prácticas evaluativas. Estos hallazgos confirman que la autoevaluación es una habilidad que se puede desarrollar, lo que refuerza la importancia de proporcionar oportunidad sostenidas en el tiempo para que los estudiantes reflexionen sobre su propio aprendizaje y mejoren sus estrategias de autorregulación. En este sentido, es relevante incorporar la autoevaluación como parte integral de la evaluación formativa en cursos experimentales.

En términos prácticos, los resultados de la dimensión autoevaluativa tienen implicancia en el diseño de estrategias de enseñanza y evaluación en la componente experimental de cursos de ciencias químicas. En ese sentido, la promoción en la capacidad de los estudiantes para evaluar su propio desempeño y comprender los factores que influyen en su aprendizaje puede ser fundamental para promover un aprendizaje autónomo y significativo. Los hallazgos en esta dimensión respaldan la importancia de fomentar la autoevaluación como parte de los procesos metacognitivos, de manera de promover una mayor conciencia en los estudiantes sobre sus procesos cognitivos y su capacidad para regular su aprendizaje (Feldman-Maggor, 2023).

Por otra parte, los resultados de la percepción de la innovación evaluativa entre los estudiantes revelan una respuesta mayoritariamente positiva hacia la inclusión de preguntas reflexivas en los informes de laboratorio de química general es otra razón más que refuerza la idea de innovar en esta materia.

Si bien los hallazgos de la investigación parecen ser promisorios desde el punto de vista del aprendizaje de los estudiantes, es importante tener en cuenta algunas limitaciones que podría influir en la interpretación de los resultados. En primer lugar, es importante considerar el tamaño reducido de la muestra, lo que podría limitar la generalización de los hallazgos a una población más amplia de estudiantes que cursen las asignaturas de química general donde incorporen actividades experimentales. Una segunda limitante podría ser la falta de un grupo control donde se mantuviera el enfoque tradicional de los informes de laboratorio, es decir, sin la componente reflexiva, podría dificultar la comparación directa de los resultados obtenidos. En este sentido, resulta relevante profundizar en futuras investigaciones sobre el impacto que tiene a largo plazo la incorporación de preguntas reflexivas en un eje disciplinar de cursos de especialización en química, en áreas como la fisicoquímica, la química orgánica o la química inorgánica. Asimismo, puede resultar interesante investigar cómo la retroalimentación y la autoevaluación pueden promover el desarrollo de habilidades metacognitivas y autorreguladora en estudiantes de diferentes áreas profesionales.

5. Conclusiones

La implementación de estrategias de monitoreo formativo, a través del componente reflexivo en las evaluaciones de la parte experimental de los cursos de química general, han demostrado ser una herramienta efectiva para promover un aprendizaje más profundo y significativo al fomentar la metacognición, la autorregulación y la autoevaluación en los estudiantes universitarios de primer año de las carreras de formación de profesores de ciencias.

Los hallazgos sugieren que la incorporación de preguntas reflexivas en los laboratorios de química no solo mejora el desempeño académico, sino que también promueven la reflexión sobre el propio proceso de aprendizaje. Además, la percepción positiva de los estudiantes hacia este tipo de preguntas respalda la importancia de fomentar los procesos reflexivos en este tipo de actividades de aprendizaje. Los participantes reconocen el valor de estas preguntas para su desarrollo académico y profesional, destacando su contribución al pensamiento crítico, la mejora de la comprensión de los conceptos y el fomento de un aprendizaje profundo y significativo. Esto pone de relieve la necesidad de cautelar en el diseño de estrategias de enseñanza instancias y oportunidades para promover un enfoque más proactivo y autónomo en la gestión de los procesos cognitivos en las actividades experimentales.

Los resultados de la investigación reflejan la necesidad de tener en cuenta dos principios que surgieron como fundamentales, por una parte, la sostenibilidad, en el sentido de mantener esta orientación en términos de la incorporación de preguntas y estrategias para fomentar estas habilidades reflexivas y por otra parte, la gradación en relación con la complejidad de las tareas propuestas, lo que está dado no solo por la naturaleza de la actividad experimental, sino también, por el contenido específico que se aborda.

Asimismo, a medida que los estudiantes avanzan en los laboratorios, se observa una evolución en su capacidad de procesamiento de la información y en su capacidad autoevaluativa. Esto último reviste gran relevancia dado que, el estudio mostró que los participantes estaban habituados a emitir juicios sobre sus desempeños, que no estaban acompañados de una reflexión sobre su proceso de aprendizaje, sino más bien, estos estudiantes categorizaban sus resultados desde una perspectiva sumativa. La investigación contribuyó en el desarrollo de habilidades metacognitivas y autorreguladoras que sirvieron de base para una autoevaluación con sentido y de carácter formativo.

Para la investigación futura, se sugiere profundizar en el impacto a largo plazo de este tipo de preguntas reflexivas en el rendimiento académico y en el desarrollo de habilidades

metacognitivas y autorreguladoras en diferentes contextos educativos. Asimismo, se insta a explorar la aplicación de estas prácticas en otras áreas disciplinares, lo que podría enriquecer la comprensión de cómo promover un aprendizaje significativo y sostenible en el tiempo.

6. Referencias

- Abarro, R. Q., & Asuncion, J. E. (2021). Metacognition in chemistry education. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 03 (95), 1-22. <https://dx.doi.org/10.15863/TAS.2021.03.95.1>
- Agustian, H. Y., Finne, L. T., Jørgensen, J. T., Pedersen, M. I., Christiansen, F. V., Gammelgaard, B., & Nielsen, J. A. (2022). Learning outcomes of university chemistry teaching in laboratories: A systematic review of empirical literature. *Review of Education*, 10, e3360. <https://doi.org/10.1002/rev3.3360>
- Andrade, H., & Du, Y. (2007). Student responses to criteria-referenced self-assessment. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 32(2), 159-181. <https://doi.org/10.1080/02602930600801928>
- Azizah, U., & Nasrudin, H. (2021). Metacognitive Skills and Self-Regulated Learning in Pre-Service Teachers: Role of Metacognitive-Based Teaching Materials: Research Article. *Journal of Turkish Science Education*, 18(3), 461-476. <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/730>
- Brock, R. (2011). Trabajo práctico en ciencias secundarias: un enfoque mental. <https://acortar.link/MDFfl4>
- Carazo, P. C. M. (2006). El método de estudio de caso: estrategia metodológica de la investigación científica. *Pensamiento & gestión*(20), 165-193. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64602005>
- Dinçol Özgür, S. (2023). The effects of prospective chemistry teachers' laboratory teaching experiences on their metacognitive thinking skills and perceptions of problem-solving skills. *Eur J Psychol Educ* . <https://doi.org/10.1007/s10212-023-00760-y>
- Dori, Y. J., & Avargil, S. (2015). Promoting metacognitive skills in the context of chemistry education. In *Relevant chemistry education* (pp. 119-141). Brill. <https://acortar.link/2dCbGg>
- Fazriah, S., Irwandi, D., & Fairusi, D. (2021). Relationship of self-regulated learning with student learning outcomes in chemistry study. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1836, No. 1, p. 012075). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1836/1/012075>
- Feldman-Maggor, Yael. "Identifying self-regulated learning in chemistry classes - a good practice report" *Chemistry Teacher International*, vol. 5, no. 2, 2023, pp. 203-211. <https://doi.org/10.1515/cti-2022-0036>
- Heidbrink, A., & Weinrich, M. (2021). Undergraduate chemistry instructors' perspectives on their students' metacognitive development. *Chemistry Education Research and Practice*, 22(1), 182-198. <https://doi.org/10.1039/D0RP00136H>

- Lavi, R., Shwartz, G., & Dori, Y. J. (2019). Metacognition in chemistry education: A literature review. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6-7), 583-597. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800087>
- Millar, R., & Abrahams, I. (2009). Practical work: making it more effective. *School Science Review*, 91(334), 59-64. <https://acortar.link/6bSw1V>
- Ministerio de Educación- Universidad de Concepción. (2020) Informe Final proyecto Elaboración de preguntas de respuesta abierta a partir de estudios de caso para Educación Parvularia, Básica, Media y Especial para su uso en la Evaluación Nacional Diagnóstica de la Formación Inicial Docente
- Olakanmi, E. E., & Gumbo, M. T. (2017). The effects of self-regulated learning training on students' metacognition and achievement in chemistry. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25 (2) 34 - 48. <https://openjournals.library.sydney.edu.au/CAL/article/view/11341>
- Reyes-Cárdenas, F., Ruiz-Herrera, B., Llano Lomas, M., Lechuga Uribe, P., & Mena Zepeda, M. (2021). El aprendizaje de la reacción química: el uso de modelos en el laboratorio. *Enseñanza de las ciencias*, 39 (2), 0103-122. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3229>
- Rodríguez Medina, M. A., Poblano-Ojinaga, E. R., Alvarado Tarango, L., González Torres, A., & Rodríguez Borbón, M. I. (2021). Validación por juicio de expertos de un instrumento de evaluación para evidencias de aprendizaje conceptual. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 11(22). <https://doi.org/10.23913/ride.v11i22.960>
- Sampieri, R. H. (2018). *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw Hill.
- Sandi-Urena, S., Cooper, M. M., & Stevens, R. H. (2010). Enhancement of Metacognition Use and Awareness by Means of a Collaborative Intervention. *International Journal of Science Education*, 33(3), 323-340. <https://doi.org/10.1080/09500690903452922>
- Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006a). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school students [10.1039/B6RP90011A]. *Chemistry Education Research and Practice*, 7(4), 203-225. <https://doi.org/10.1039/B6RP90011A>
- Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006b). Chemical Literacy: What Does This Mean to Scientists and School Teachers? *Journal of Chemical Education*, 83(10), 1557. <https://doi.org/10.1021/ed083p1557>
- Syarifa Fahmina, S., Indriyanti, N., Setyowati, W., Masykuri, M., & Yamtinah, S. (2019). Dimension of Chemical Literacy and its Influence in Chemistry Learning. *Journal of Physics: Conference Series*, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1233/1/012026/pdf>
- Thummathong, R., & Thathong, K. (2018). Chemical literacy levels of engineering students in Northeastern Thailand. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 39(3), 478-487. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2018.06.009>

Tüysüz, C. (2010). The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and Attitude in Chemistry. *International Online Journal of Educational Sciences*, 2010, 2 (1), 37-53
<https://n9.cl/xqkah>

Wiliam, D. (2018). *Embedded Formative assessment*. USA: Solution Tree Press.

CONTRIBUCIONES DE AUTORES/AS, FINANCIACIÓN Y AGRADECIMIENTOS

Contribuciones de los/as autores/as:

Conceptualización: Dinamarca, Robinson; Yáñez-Monje, Verónica; **Software:** Dinamarca, Robinson **Validación:** Yáñez-Monje, Verónica **Análisis formal:** Dinamarca, Robinson; Yáñez-Monje, Verónica; **Curación de datos:** Dinamarca, Robinson; **Redacción-Preparación del borrador original:** Dinamarca, Robinson; Yáñez-Monje, Verónica **Redacción-Revisión y Edición:** Dinamarca, Robinson; Yáñez-Monje, Verónica **Visualización:** Dinamarca, Robinson **Supervisión:** Dinamarca, Robinson **Administración de proyectos:** Dinamarca, Robinson **Todos los/as autores/as han leído y aceptado la versión publicada del manuscrito:** Dinamarca, Robinson; Yáñez-Monje, Verónica.

Financiación: Esta investigación recibió financiamiento de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo, ANID, Chile, a través del proyecto FONDECYT de Postdoctorado 3230541: "Alfabetización Química en estudiantes universitarios de primer año formados en un Modelo Educativo Basado en Competencias"

Agradecimientos: ANID/CONICYT FONDECYT Postdoctorado 3230541

Conflicto de intereses: No existe conflicto de interés.

AUTOR/ES:**Robinson Dinamarca D.:**

Universidad de Concepción.

Doctor en Ciencias con mención en Química, con amplia y variada experiencia en docencia universitaria, gestión e investigación vinculada al ámbito de la educación y de la didáctica de las ciencias. Especialista en formación de profesores, dictando desde 2019 asignaturas asociadas a fundamentos pedagógicos, diseños didácticos y prácticas progresivas. En el ámbito investigativo su trabajo comprende el fortalecimiento del saber disciplinar integrado al proceso de enseñanza y aprendizaje, en el área de las ciencias, ejerciendo actualmente como investigador principal de un proyecto postdoctoral cuya finalidad es la mejora en la docencia universitaria.

robidinamarca@udec.cl

Verónica Yáñez-Monje:

Universidad de Concepción.

La autora es profesora asociada de la Universidad de Concepción y PhD in Assessment in Education por la Universidad King's College de Londres. Su experiencia en la formación del profesorado se vincula estrechamente con evaluación formativa y retroalimentación. Ella ha participado como directora y/o co-investigadora en variados proyectos relacionados con evaluación educativa. Sus publicaciones más recientes reportan hallazgos acerca de: criterios de evaluación y su influencia en la materialización de una perspectiva formativa en aula, modalidades de retroalimentación oral versus escrita y sus manifestaciones en el repertorio de prácticas docentes, categorización de mensajes de retroalimentación, uso de rúbricas en el monitoreo progresivo de la formación de competencias docentes y nociones de aprendizaje que subyacen múltiples estrategias de retroalimentación.

veyanez@udec.cl