

## Aprender química es también aprender a autorregularse: cómo mejorar la comprensión de lo que se hace y cómo se hace en el laboratorio

*Learning Chemistry Is Also Learning to Self-Regulate: How to Improve Understanding of What Is Done and How It Is Done in the Laboratory*

Cristian Merino<sup>1</sup>, Jaime Solís<sup>2</sup>, Roxana Jara<sup>1</sup>, Alma Adrianna Gómez Galindo<sup>3</sup>, Agustín Adúriz-Bravo<sup>4</sup> y Mercè Izquierdo<sup>5</sup>

### Resumen

Este artículo presenta una experiencia enfocada en el aprendizaje autorregulado del estudiantado universitario en un laboratorio de química general. El objetivo fue reducir la brecha entre los conceptos teóricos tratados en clase y las actividades experimentales realizadas en el laboratorio mediante el uso de un instrumento denominado “base de orientación”. Los datos se analizaron con un enfoque cualitativo, identificándose tres categorías emergentes: representación, anticipación y planificación de la acción. Los resultados muestran que el instrumento favorece la construcción de andamiajes que apoyan la regulación de procedimientos y permiten establecer de forma precisa la relación teoría-práctica en condiciones específicas. Finalmente, se discuten las implicaciones de estos hallazgos para fortalecer los vínculos entre teoría y práctica, así como para impulsar procesos efectivos de autorregulación en contextos educativos experimentales.

**Palabras clave:** química, autorregulación, laboratorio, aprendizaje, educación.

### Abstract

This article presents an experience focused on self-regulated learning among university students in a general chemistry laboratory. The aim was to reduce the gap between the theoretical concepts addressed in class and the experimental activities carried out in the laboratory through the use of an instrument called the “orientation base.” The data were analyzed using a qualitative approach, identifying three emerging categories: representation, anticipation, and action planning. The results show that the instrument fosters the construction of scaffolds that support the regulation of procedures and allow for a precise establishment of the theory–practice relationship under specific conditions. Finally, the implications of these findings are discussed in terms of strengthening the links between theory and practice, as well as promoting effective self-regulation processes in experimental educational contexts.

**Keywords :** chemistry, self-regulation, laboratory, learning, education.

### CÓMO CITAR:

Merino, C., Solís, J., Jara, R., Gómez Galindo, A. A., Adúriz-Bravo, A., e Izquierdo, M. (2025, octubre-diciembre). Aprender química es también aprender a autorregularse: cómo mejorar la comprensión de lo que se hace y cómo se hace en el laboratorio. *Educación Química*, 36(4). <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2025.4.90697>

<sup>1</sup> Instituto de Química, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

<sup>2</sup> Universidad de Chile, Chile.

<sup>3</sup> Centro de Investigación y de Estudios Avanzados, Instituto Politécnico Nacional, México.

<sup>4</sup> Universidad de Buenos Aires, Argentina.

<sup>5</sup> Universidad Autónoma de Barcelona, España.

## Introducción

Un aspecto central de la enseñanza de las ciencias naturales en general, y de la química en particular, es el desarrollo de actividades de laboratorio (Agustian, 2020; Hofstein y Mamlok-Naaman, 2007). Estas actividades, al ser parte esencial del proceso de enseñanza, se plantean como espacios donde el estudiantado puede observar fenómenos, manipular materiales y experimentar conceptos teóricos en un entorno controlado (Tobin, 1990). Sin embargo, la investigación en didáctica de la química muestra que esta tarea presenta numerosas dificultades y, muchas veces, no cumple las funciones declaradas ni produce los resultados previstos. Enseñar química también implica transponer didácticamente una actividad científica erudita o académica para llevarla al aula (Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2022). Esta transposición implica un proceso de reinterpretación y adaptación de los conceptos y metodologías de la química en función de las finalidades educativas. No obstante, en muchas instancias las actividades experimentales a nivel universitario se diseñan de manera subsidiaria a un módulo o bloque teórico en el cual se exponen los conceptos “necesarios”, esperando que durante la experimentación surjan y se consoliden las ideas aprendidas durante la sección teórica.

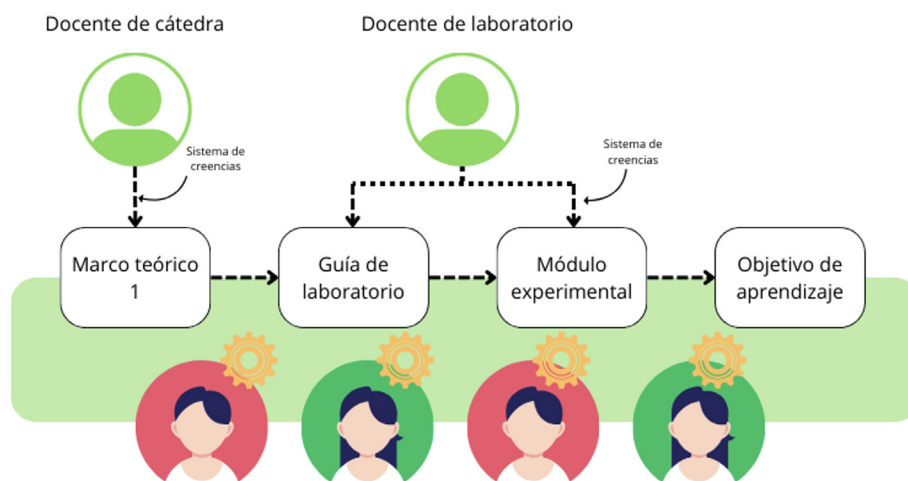
En este contexto, es habitual contar con docentes, tanto de cátedra como de laboratorio, de elevado nivel académico, que diseñen y dirijan las actividades prácticas. Estos docentes tienen la tarea de guiar las prácticas y modelar acciones que conduzcan a objetivos y aprendizajes claramente definidos (Areepattamannil, 2020). Diversos autores destacan que este tipo de prácticas, realizadas por un docente de ciencias, poseen una carga de creencias y significados (Pajares, 1992; Ucar, 2012), los cuales muchas veces provienen de una visión de ciencia universalista, autoritaria y hegemónica que influye directamente en las prácticas y que se transfiere fácilmente al estudiantado, generando un circuito que desemboca en un bucle reproductivo, en el que las mismas creencias se perpetúan en el tiempo (Calabrese-Barton y Yang, 2000; Thapaliya y Luitel, 2024).

La figura 1 representa la interacción entre el docente de cátedra y el docente de laboratorio. Ambos poseen un sistema de creencias que influye en sus prácticas pedagógicas y decisiones didácticas. Se visualizan cuatro componentes centrales que estructuran el proceso de enseñanza-aprendizaje:

- a) **Marco teórico:** diseñado o promovido principalmente por el docente de cátedra, proporciona las bases conceptuales de los contenidos abordados.
- b) **Guía de laboratorio:** construida a partir del marco teórico, traduce conceptos en actividades prácticas, mediada por ambos docentes.
- c) **Módulo experimental:** instancia donde se desarrollan actividades prácticas de laboratorio, diseñada o facilitada por el docente de laboratorio.
- d) **Objetivo de aprendizaje:** representa la meta común hacia la cual convergen las acciones didácticas.

La zona inferior muestra al estudiantado y la manera en que interactúa con los diversos recursos. Los íconos solares simbolizan momentos o focos de aprendizaje significativos. La variación en los colores de fondo del estudiantado representa diferencias en la apropiación de los contenidos, evidenciando posibles tensiones, alineamientos o desconexiones entre los recursos y las experiencias de aprendizaje. Las líneas punteadas y

flechas indican cómo las creencias de los docentes inciden en la elaboración de los materiales (teóricos, prácticos y evaluativos) y, por tanto, en la experiencia formativa del estudiantado. Esta estructura revela un modelo didáctico en el cual la coherencia entre teoría y práctica depende en gran medida del alineamiento entre docentes y recursos.



**FIGURA 1.** Esquema representativo sobre sistemas de creencias en modelos de enseñanza transmisivos. Fuente: elaboración propia.

## Consecuencias de la enseñanza directiva: pérdida de autonomía y de autorregulación

Está ampliamente documentado que el enfoque tradicional en la enseñanza de las ciencias fomenta un aprendizaje rutinario y mecánico, típico de prácticas directivas, lo que genera un conocimiento inerte cuya movilización y aplicación resultan cognitivamente complejas (Torres et al., 2022). No obstante, los hitos sociosanitarios recientes han planteado nuevos desafíos tanto para la enseñanza de las ciencias en el aula como en los entornos de laboratorio, exigiendo una modernización pedagógica para responder a estas demandas (Idoyaga, 2023).

Para alcanzar un aprendizaje efectivo en estos espacios, es fundamental considerar aspectos como el equipamiento, la gestión y las prácticas, ya que estos actúan como indicadores directos en la creación de entornos motivadores para el trabajo estudiantil (Wang y Zheng, 2021). Actualmente se promueven espacios de indagación que, con ciertas libertades, buscan fomentar el desarrollo de la autonomía y la toma de decisiones colaborativas por parte del estudiantado, en contraste con las prácticas directivas tradicionales (Gericke et al., 2023).

En este contexto, resulta fundamental propiciar la coherencia entre el pensamiento, el discurso y la acción, promoviendo prácticas reflexivas orientadas al desarrollo de habilidades metacognitivas (Dinçol-Özgür, 2024). Esto requiere que cada estudiante participe activamente con el contenido científico a través de un proceso reflexivo que vaya más allá de la simple reproducción de procedimientos.

## Hacia un modelo de enseñanza basado en prácticas de laboratorio reflexivas

Con el fin de fomentar la reflexión sobre la práctica de laboratorio en química, buscamos el desarrollo integral del estudiantado mediante el fomento de habilidades críticas, colaborativas y creativas, alejándonos de ciertas prácticas directivas tradicionales

(Thornhill-Miller et al., 2023). Promover un aprendizaje activo y significativo en el contexto de las actividades de laboratorio implica, según aportes de Kennepohl (2021) y Dinçol-Özgür (2024):

- a) **Diseño de actividades abiertas:** las actividades deben permitir al estudiantado explorar y formular sus propias preguntas, promoviendo la curiosidad y el pensamiento crítico; asimismo, deben ser flexibles y adaptables a diversos contextos y necesidades.
- b) **Integración de teoría y práctica:** es esencial que las actividades experimentales estén directamente vinculadas con los conceptos teóricos, facilitando una comprensión profunda y contextualizada.
- c) **Uso de recursos tecnológicos:** las herramientas tecnológicas, como simuladores y software de análisis de datos, pueden enriquecer las actividades de laboratorio y ampliar las oportunidades de aprendizaje.
- d) **Fomento de la metacognición:** promover oportunidades de evaluación de sus propios procesos de pensamiento, estrategias efectuadas y resultados obtenidos conforme resuelven problemas.

En este modelo, el profesorado de ciencias asume un rol de facilitador del aprendizaje, guiando al estudiantado en su proceso de descubrimiento y reflexión (Abarro y Asunción, 2021). Este cambio de rol requiere una formación específica que permita a los docentes desarrollar competencias en metodologías activas y evaluación formativa. Además, es necesario que el profesorado, en cualquier nivel educativo, reflexione sobre sus propias creencias y prácticas pedagógicas, identificando posibles sesgos que puedan influir en su enseñanza (Hamel y Viau-Guay, 2019; Starck et al., 2020).

### Aprendizaje basado en la autorregulación como recurso mediador entre teoría y práctica

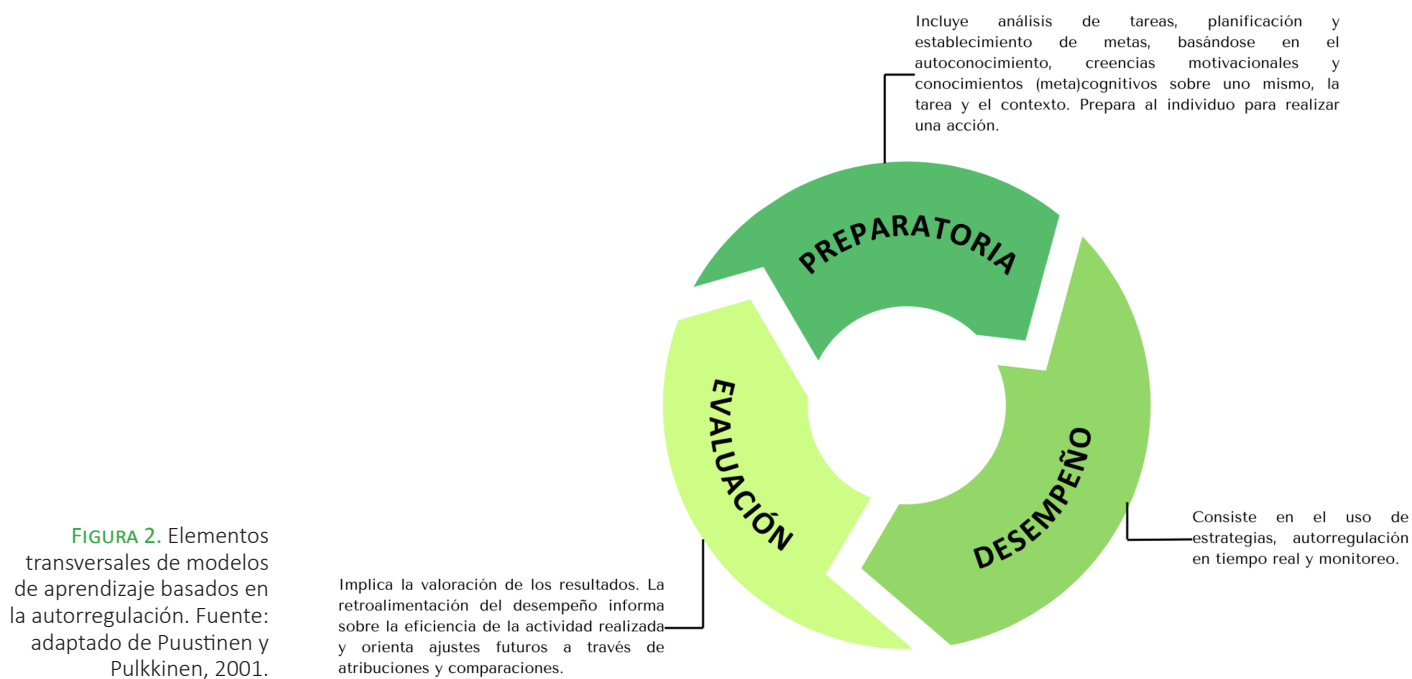
Tanto Nunziati (1990) como Sanmartí (2002) destacan que cada persona posee su propio sistema de aprender, que ha ido construyendo progresivamente y de manera autónoma a lo largo de los años. La llamada regulación continua de los aprendizajes pretende, básicamente, formar al estudiantado en metacognición y en la autorregulación de sus procesos de pensamiento, permitiéndoles identificar y mejorar sus propios estilos, y conseguir que estos encuentren su propia manera de construir y consolidar un robusto sistema internalizado de trabajo (Hernández et al., 2021).

Así, la metacognición provee herramientas necesarias para que el estudiantado pueda reflexionar sobre sus procedimientos y para la mejora continua del aprendizaje, considerándose entonces un catalizador del desarrollo estudiantil (Quiroz et al., 2023). En este contexto, la metacognición refiere directamente al control, monitoreo y evaluación del proceso cognitivo y afectivo que cada individuo emplea para desarrollar comprensión conceptual (Quiroz et al., 2023). En la enseñanza de la química, es un proceso reconocido como clave en el entendimiento profundo, que hace que el aprendizaje sea perdurable en el tiempo (Rickey y Stacey, 2000), relacionándose estrechamente con la autorregulación del aprendizaje, considerada un componente esencial para el éxito académico y profesional.

En la enseñanza de las ciencias, la metacognición es reconocida por su capacidad de promover una profunda comprensión conceptual sobre fenómenos naturales y el desarrollo de la alfabetización científica. En la química, particularmente, provee espacios

para establecer interrelaciones sobre las representaciones que el estudiantado posea acerca de los diferentes modelos mentales (Lavi et al., 2023). La autorregulación asume que cada acción y actividad que se realiza involucra la conjunción de elementos motivacionales, metacognitivos y emocionales (Schraw et al., 2006).

Si bien existen diversas terminologías y modelos que abordan estos temas, Puustinen y Pulkkinen (2001) plantean que el aprendizaje mediante autorregulación es un proceso cognitivo cíclico. Diversos autores coinciden en que dicho proceso se establece en tres fases, que se muestran en la Figura 2.



**FIGURA 2.** Elementos transversales de modelos de aprendizaje basados en la autorregulación. Fuente: adaptado de Puustinen y Pulkkinen, 2001.

Durante la fase preparatoria, el estudiantado prepara la tarea mediante acciones de planificación y análisis. En este proceso, manifiesta sus creencias y motivaciones iniciales hacia la actividad propuesta. En la fase de desempeño, por su parte, realiza acciones de monitoreo del progreso mediante la autoobservación y el control en tiempo real, ajustando sus tácticas según la efectividad observada. Finalmente, en la etapa de evaluación, el estudiantado analiza lo ocurrido y pone en marcha estrategias de retroalimentación que impactan en su motivación para enfrentar acciones similares en el futuro.

Desde los antecedentes presentados, fomentar estrategias de aprendizaje mediante autorregulación ofrece un nuevo panorama de enseñanza de las ciencias que sitúa al estudiante como centro de su propio aprendizaje. Con ello, la integración de diversas actividades que medien este proceso impacta en los modelos de enseñanza tradicionales, transitando desde modelos transmisivos de contenido hacia perspectivas que, mediante la interacción, consideren las epistemologías del estudiantado, así como sus creencias y motivaciones (Bossér y Lindahl, 2019; 2021).

## Una herramienta para orientar procesos de autorregulación: la base de orientación

Resolver una problemática implica, para el estudiante, el uso de elementos cognitivos y metacognitivos, cuya identificación y separación generan tensiones y dificultades en su desarrollo (Torregosa, 2020). Para facilitar este proceso y fomentar la autorregulación, se proponen las bases de orientación de la acción (BO). Una de las primeras adaptaciones de este instrumento fue realizada por García y Sanmartí (1998) para el aprendizaje de actividades escolares en ciencias naturales. Las BO facilitan la internalización de aspectos clave de la autorregulación mediante un esquema estructurado que guía el aprendizaje.

Una enseñanza tradicional, caracterizada por prácticas transmisivas, limita la creatividad, la autonomía y la toma de decisiones, esenciales para las demandas actuales. En el contexto universitario, nuestra propuesta adapta las BO para fomentar habilidades metacognitivas, conectando marcos conceptuales de la química con la práctica experimental. Es por ello que, en este artículo, nuestro objetivo es proporcionar algunas evidencias sobre cómo las BO favorecen la relación teoría-práctica, qué elementos facilitan la anticipación de acciones y cuáles son sus beneficios y desafíos en la regulación del aprendizaje. Específicamente, nos preguntamos:

1. ¿Qué elementos de las BO propuestas generan que los alumnos establezcan relaciones entre teoría y práctica en las actividades experimentales en química?
2. ¿Qué aspectos de la acción anticipan los participantes y con qué dificultades se enfrentan?

## Metodología

El presente estudio se enmarca en un enfoque descriptivo con orientación cualitativa (Flick, 2015). Este enfoque se define por un proceso de indagación detallado, sistemático y profundo, dirigido al análisis comprensivo del objeto de estudio. El enfoque es inductivo, ya que las categorías, patrones e interpretaciones emergen directamente de los datos recolectados, en lugar de derivarse de teorías o hipótesis previamente establecidas (Vears y Guilan, 2022). Asimismo, es idiográfico, puesto que busca comprender e interpretar la singularidad del fenómeno educativo, dejando la formulación de explicaciones generales para las aproximaciones nomotéticas (Sarramona, 2022). Este enfoque permite captar la complejidad de los fenómenos en su contexto, enfatizando la construcción de significados y proporcionando una comprensión profunda que va más allá de las explicaciones cuantitativas o generalizadoras.

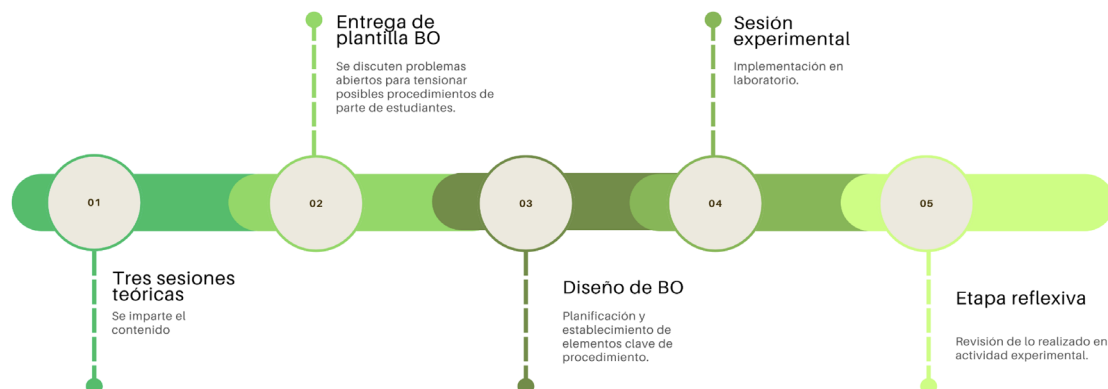
## Contexto y participantes

Los participantes son estudiantes de primer año de una universidad privada, de la carrera de formación de profesores de química, en la asignatura de Química General ( $n = 8$ ). Ellos construyeron su base de orientación a partir de dos insumos: 1) la guía de laboratorio y 2) el instrumento o plantilla que contiene los aspectos constituyentes de la base (véase Anexo 1). Se enfatizó que se debían proyectar hipótesis y contrastar lo planificado y anticipado con los resultados obtenidos en el laboratorio. Los participantes firmaron consentimiento informado para su participación, bajo las normas del Comité de Ética de la institución en la que se puso en marcha nuestra intervención.



La dinámica de seis sesiones experimentales se muestra en la figura 3. Cada estudiante asiste a tres sesiones teóricas semanales y, una semana antes del laboratorio, recibe un guion con problemas abiertos sin procedimientos ni técnicas definidas. El diseño de las BO implica el trabajo autónomo de un diseño experimental mediante la plantilla, en acompañamiento con los docentes, previo a la sesión de laboratorio. Durante la actividad experimental, el estudiantado implementa la BO y posteriormente compara resultados obtenidos y previstos, reflexionando sobre lo pensado, hecho y hablado.

**FIGURA 3.** Nuestra intervención, con elementos transversales de modelos de aprendizaje basados en la autorregulación. Fuente: adaptado de Puustinen y Pulkkinen (2001).



El banco de datos se conformó a partir de la participación de los estudiantes en seis sesiones experimentales. En cada una de ellas, los estudiantes, organizados en parejas, diseñaron su correspondiente base de orientación utilizando una plantilla guía (véase Anexo 1). Se recolectaron un total de 24 bases de orientación, elaboradas por cuatro equipos de dos estudiantes cada uno, identificados como G1, G2, G3 y G4. Para los fines del presente artículo, se seleccionaron 12 bases correspondientes a tres sesiones específicas de laboratorio: una inicial (L1: mediciones e identificación de propiedades de materiales), una intermedia (L4: tipos de reacciones químicas) y una final (L6: reactividad de los elementos del grupo 1 de la tabla periódica).

### Instrumento de análisis

Para que el análisis de los datos fuera lo más preciso posible y no se condicionara excesivamente su interpretación, se utilizaron Redes Sistémicas (RS). Esta técnica, propuesta por Bliss et al. (1983), está dirigida a la descripción y representación de los significados en juego, de los recursos semánticos del lenguaje de actividad. Por ello, resulta pertinente el uso de este sistema metodológico para averiguar qué entendemos de las respuestas del estudiantado y cómo las interpretamos.

Las RS que resultan del análisis son estructuras que muestran la dependencia y la independencia entre las ideas, sentimientos y valores que se expresan. Cada configuración posible es solo una de las muchas que se pueden estructurar. Estas configuraciones son interpretaciones que el investigador, que las organiza, hace de lo que se dice o está escrito. Para enlazar lo que se dice o se escribe con la red sistémica, Bliss et al. (1983) proponen reglas que permiten establecer un lenguaje gráfico común entre los investigadores que utilizan esta metodología. Los criterios y resultados que se obtienen pueden no satisfacer ni a los lingüistas ni a los científicos, pero permiten conectar la descripción de los datos con las posibles características (o interpretaciones) de estos.

De acuerdo con los lineamientos propuestos por Quiroz (2016), la construcción de una Red Sistemática (RS) se inicia a partir de la lectura y el análisis de los textos que se desean organizar. En el presente caso, este proceso se lleva a cabo mediante el examen de las Bases de Orientación (BO) elaboradas por el estudiantado, las cuales pueden categorizarse en función de diversas dimensiones, tales como las acciones que se describen, los elementos anticipados o planificados, y los conocimientos movilizados. A partir del análisis de las plantillas seleccionadas, se identificaron y codificaron 53 unidades de sentido. De estas, 28 se agruparon bajo la categoría *representación de la acción*, 17 bajo *anticipación de la acción* y 8 bajo *planificación*. Las BO analizadas corresponden a cuatro grupos de trabajo y abarcan tres sesiones de laboratorio (L1, L4 y L6), cada una de las cuales incluyó cuatro situaciones problema a resolver.

## Resultados

Las palabras identificadas como recurrentes en las plantillas, y que por tanto hemos utilizado para elaborar las redes, son: *materiales, problema, conceptos, fases, hipótesis, análisis, precaución, predicción, resultados, contraste y conclusión*. Hemos ubicado estas palabras o “etiquetas” en función de las tres categorías establecidas. Dos corresponden al análisis de contenido en la plantilla y la tercera refiere a cómo el estudiantado organiza dicho contenido. A continuación, se describen los resultados acordes con los componentes de la base de orientación: representación de la acción, anticipación de la acción y planificación de la acción, respectivamente.

### Representación de la acción: ¿qué se va a hacer?

Los datos que se analizan a continuación provienen de las figuras 4 y 5. En la red de representación de la acción (figura 4), las etiquetas *problema* y *objetivo* surgen de la formulación y origen del problema a abordar (códigos 1-12 de las figuras 4 y 5). Todos los grupos diseñan objetivos pertinentes de cada apartado de la práctica partiendo de la situación problema planteada en el guion. G2 incorpora una situación diferente, no planteada en el guion, aunque luego estructura los sucesos desencadenados con dependencia de este.

Sin embargo, en las prácticas con varios problemas relacionados, el estudiantado carece de elementos para identificar las relaciones jerárquicas entre problemas, ya que no distinguen si todos se logran especificando un objetivo general o si bien existe la necesidad de construir objetivos particulares. Esto los lleva a no establecer claras diferencias entre *objetivo* y *problema*. Particularmente en el laboratorio L4, los grupos G1, G3 y G4 mencionan las actividades a concretar en los diferentes apartados del guion sin especificar objetivos.

La etiqueta *operaciones que comporta* (códigos 13 a 16) está entre las más frecuentes a la hora de segmentar la actividad en “unidades de trabajo”. En la generación de las etapas de trabajo se observa en L1 una descripción exhaustiva y en L6 una reducción de detalles y algoritmos, con instrucciones más precisas. Identificamos un incremento en la capacidad de reducción y “automatización” de los procedimientos por parte del estudiantado. Cabe mencionar que la amplitud de desarrollo del procedimiento depende también del tipo de tarea a realizar en el laboratorio.

Por ejemplo, en L1, para determinar una propiedad intensiva es necesario seguir un procedimiento detallado que permita la obtención de datos con la mayor precisión y exactitud posible. En términos generales, podemos afirmar que este grupo de estudiantes



es capaz de representarse las operaciones a realizar y describirlas sin caer en ambigüedades, lo cual indica una correcta representación anticipada de las etapas de trabajo. G2 y G3 utilizan reiteradamente la etiqueta *análisis* (códigos 17 a 19), que busca establecer relaciones entre el contenido y la actividad desarrollada, en estrecha relación con la etiqueta *operaciones que comporta*.

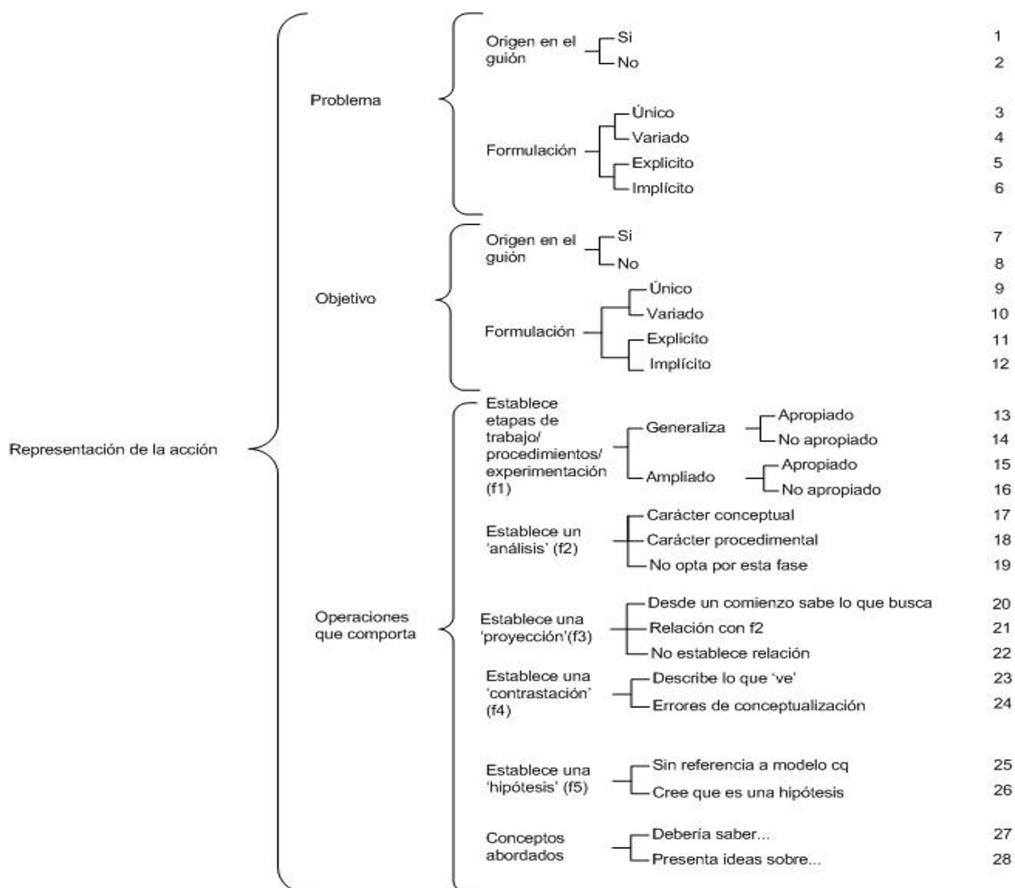


FIGURA 4. Red semántica, dimensión representación de la acción. Fuente: elaboración propia.

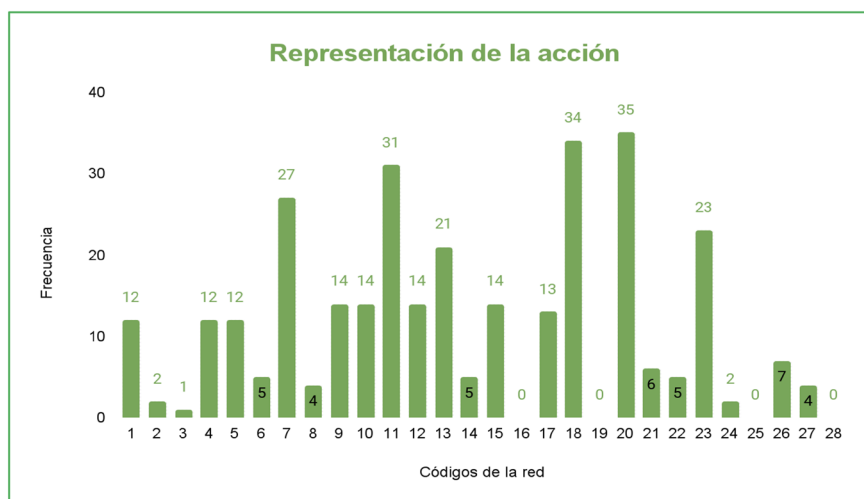


FIGURA 5. Frecuencia absoluta de los elementos constituyentes en la base de orientación sobre representación de la acción. Fuente: elaboración propia.

En esta sección, el estudiantado denomina *análisis* a elementos que les permiten asegurarse de que están realizando bien la tarea. Se esperaría que hicieran alusión a fundamentos teóricos vistos en clase; sin embargo, mayoritariamente refieren a instrumentos u otros procedimientos que podrían asegurar dichos resultados. Identificamos aquí dificultades por parte del estudiantado para analizar su trabajo desde una óptica teórica.

Para la proyección (códigos 20 a 22), G2 y G3 establecen un resultado esperado: “[...] El aluminio (solución) tendrá una reacción notable con el ácido, por ser un metal. Pero con la base no creo que tenga reacción alguna. La reacción con el hidróxido será: [...]” [G2]. Inclusive integran criterios de calidad: “[...] Esta actividad requiere tener en cuenta la medida a tomar en el análisis, para obtener resultados óptimos [...]” [G2]. En esta sección nuevamente se observa el énfasis en lo procedimental: si bien las y los estudiantes reconocen los productos de la reacción u otros elementos, no incorporan en su proyección el *por qué* o fundamento teórico que explica los resultados.

Particularmente, G2 y G3 establecen en las tres prácticas una operación llamada *contrastación* (códigos 23 y 24), que se realiza después de ir al laboratorio. Esta actividad especialmente promueve procesos metacognitivos, ya que se esperaría identificar elementos de comparación entre lo obtenido y lo planificado. Los resultados muestran diversos niveles de ejecución de esta tarea; en algunos casos la etiqueta es usada por los alumnos, pero no se corresponde con el evento asociado, señalando únicamente el resultado sin contrastación: “[...] Al exponer el trozo de cinta de Mg a la llama, esta emite una fuente de luz (libera energía, es exotérmica) [...]” [G3]. En otros casos se identifican elementos de contrastación de hipótesis: “[...] La hipótesis está en lo cierto, ya que el Mg reacciona de la siguiente manera con el ácido (HCl) [...]” [G2]. Aquí se observan algunos errores conceptuales, al no contemplar las disoluciones formadas como reactivos.

Finalmente, la construcción de hipótesis requiere una estructura específica, compleja, del tipo causa-efecto, es decir, subjuntivo-condicional (códigos 25 y 26). Los resultados indican que esta estructura no es aún accesible a todos los estudiantes. G1 sí incorpora hipótesis en su plantilla: “[...] El litio será de color plomo, por lo tanto su brillo metálico será de color plateado [...]” [G1]. En cambio, G4 realiza únicamente un listado de conceptos involucrados, sin relaciones causales (códigos 27 y 28 de las figuras 3 y 4). Esto indica que las relaciones causales, aun en el ámbito procedimental, requieren ser trabajadas explícitamente.

### Anticipación de la acción: ¿cómo lo voy a hacer?

El momento estratégico de anticipación permite al estudiantado predecir los resultados que obtendrán antes de llevar a cabo una acción concreta, así como las estrategias y su orden de ejecución para llegar a los objetivos propuestos. A continuación, presentamos la RS que surge de agrupar los elementos comunes en las plantillas (figuras 6 y 7).

La etiqueta *estrategia seleccionada* surge a partir de las acciones de ejecución previstas para realizar la tarea (códigos 1 y 6). Los resultados indican dos formas de describir las estrategias. En L4, la descripción es manual, es decir, centrada en la actividad a realizar por los propios estudiantes. Por otra parte, en L1 y L5, la descripción es instrumental: se centra en la actividad mediada por instrumentos, por ejemplo, el picnómetro para L1. Una descripción instrumental puede generar vínculos entre teoría y práctica, ya que la obtención de información sobre el fenómeno integra una visión cuantitativa de la materia, en este sentido “teórica”.

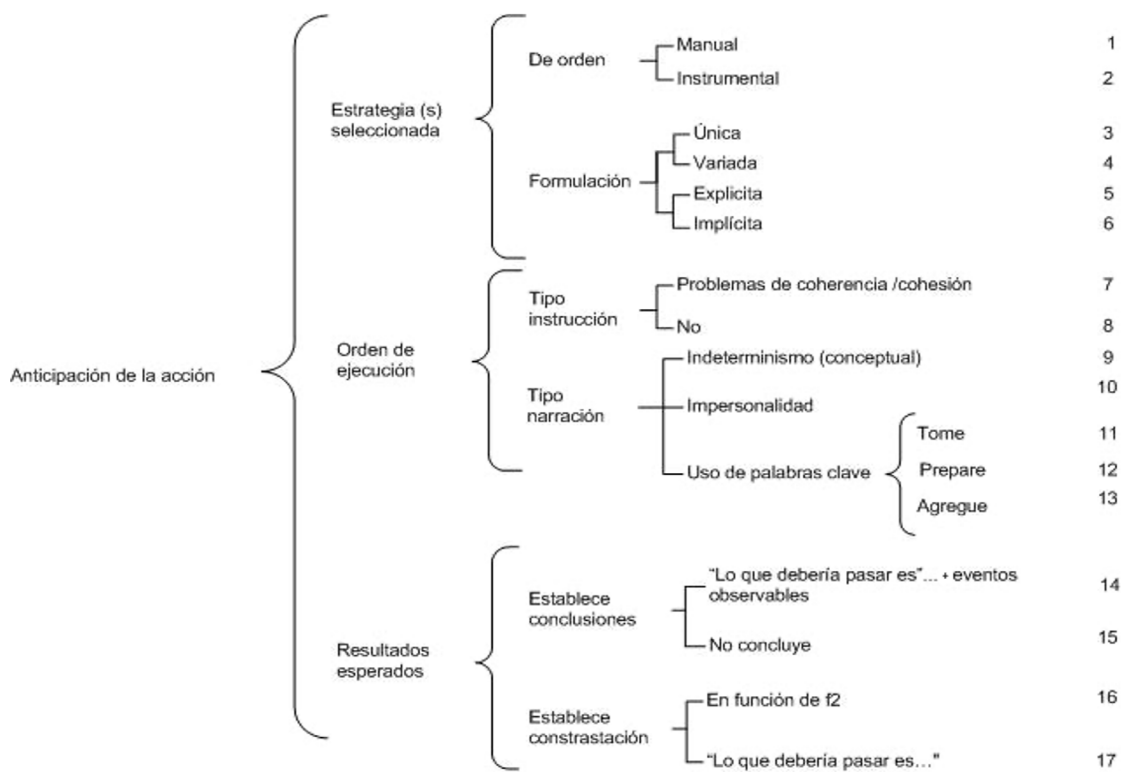


FIGURA 6. Red sistémica para la dimensión anticipación de la acción.

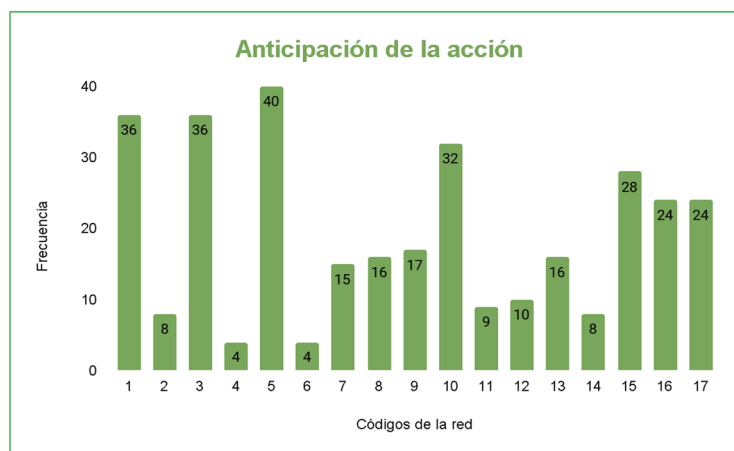


FIGURA 7. Frecuencia absoluta de los elementos constituyentes en la base de orientación sobre anticipación de la acción.

En relación con el orden de ejecución (códigos 7 al 13), llama la atención que durante su descripción algunos grupos usan una narración en primera persona, en la cual ellos forman parte de la actividad; otros, en cambio, lo hacen en impersonal, es decir, ningún elemento presente en la oración (explícito) desempeña la función de sujeto, tomando así distancia de la responsabilidad en la ejecución de las acciones; por ejemplo: *tome*, *prepare* y *agregue*. Podría pensarse que la redacción en primera persona será un mejor detonante de un trabajo autorregulado por parte de los alumnos.

En relación con la anticipación de resultados plausibles (códigos 14 al 16), G4 presenta conclusiones a eventos observables, que no necesariamente son correctas: "Conclusiones [...] La reactividad de los metales ocurre más rápido en presencia de H<sub>2</sub>O más fenolftaleína [...]".

G1, G2 y G3 no mencionan conclusiones. Esta ausencia puede indicar dificultades para identificar qué elementos teóricos son necesarios para realizarlas. G2 y G3 establecen una contrastación de los eventos relacionándolos con una etapa o fase anterior que denominan *análisis*. Por ejemplo: “[...] Esta actividad requiere tener en cuenta la medida a tomar en el análisis, para obtener resultados óptimos. Porque el color o el brillo pueden cambiar con el ambiente ( $O_2$  del aire) [...]” [G2]. Así, G2 y G3 establecen algunos eventos en los cuales su contrastación se posiciona desde lo que debería pasar, según la ecuación química, estableciendo conexiones puntuales con la teoría.

### Planificación de la acción: ¿cómo organizo la información?

La planificación de la acción corresponde al plan de trabajo a seguir. En las bases diseñadas se observa la cantidad de instrucciones que apuntan a la realización de la actividad experimental. Identificamos esto con el grado de reducción o síntesis que son capaces de proponer. La tendencia es que el estudiantado escriba en sus BO un promedio de cinco acciones por tarea a resolver, lo cual indica una buena capacidad de expresión y de síntesis.

Otro aspecto es cómo organizan la información. Mientras que el formato de diseño de los encabezados que guían la planificación de la plantilla en los grupos G1, G2 y G3 es horizontal (figura 8), el del grupo G4 es vertical, desglosándose en columnas los diferentes encabezados que guían la planificación (figura 9). Los estudiantes que trabajan de forma horizontal generan una visión holística de los problemas y de la planeación de la acción, al tiempo que comparan de forma global la planificación. Por otra parte, los que trabajan verticalmente insertan los problemas a modo de “rompecabezas” y tienen una visión compartimentada de la planificación y los procedimientos. Esto puede relacionarse con sus dificultades para jerarquizar y relacionar problemas comunes, siendo tal tarea la más compleja de realizar para los estudiantes que planifican de forma vertical.

Una dificultad que se percibe en ambos formatos es la presencia de errores en los procesos adoptados para alcanzar los objetivos que guían la actividad. Aparece una diversidad de procedimientos “espontáneos”, distanciados de la estrategia ejemplar, que guarda relación con los conceptos clave revisados previamente por el estudiante.

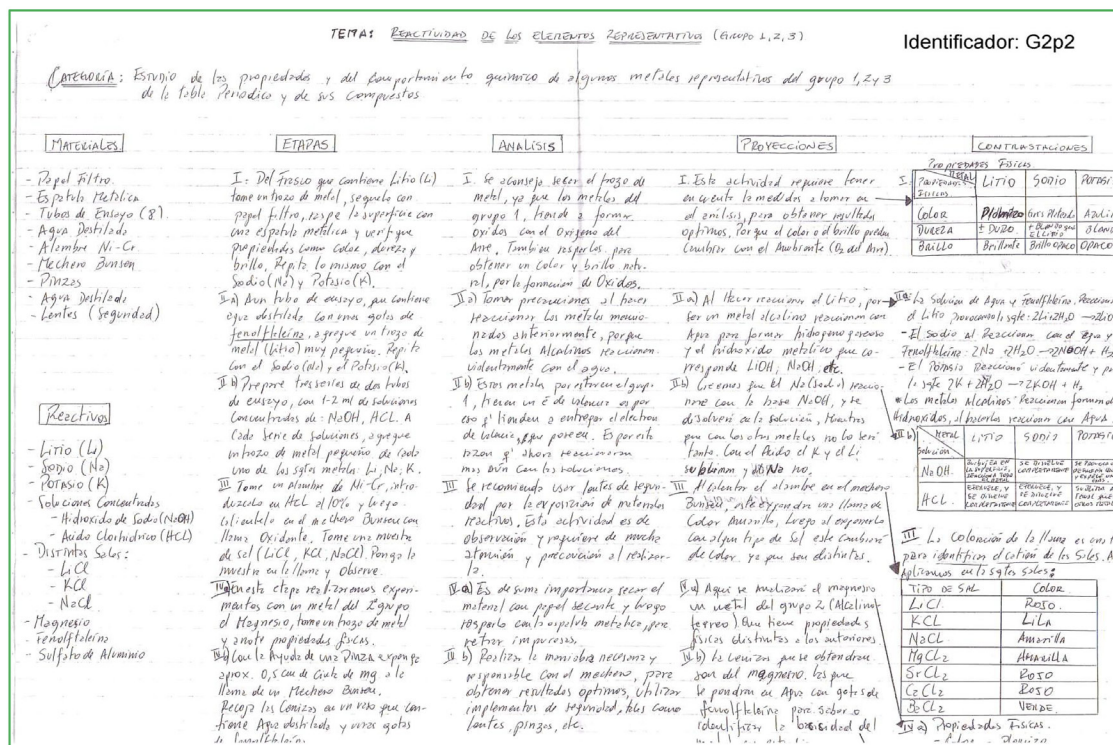
Se observa que el estudiantado manipula los datos y usa fórmulas y ecuaciones en sus plantillas, pero de manera bastante convencional y sin dar razón ni evidenciar el sentido de su uso. Una posible explicación para estas tendencias es que solo se preocupan por planificar y anticipar los procedimientos operacionales a realizar para concretar la tarea, pero olvidan el trabajo conceptual que hay detrás, necesario para dar significado a la actividad a partir del modelo de cambio químico.

En función de lo anterior, identificamos tres tendencias:

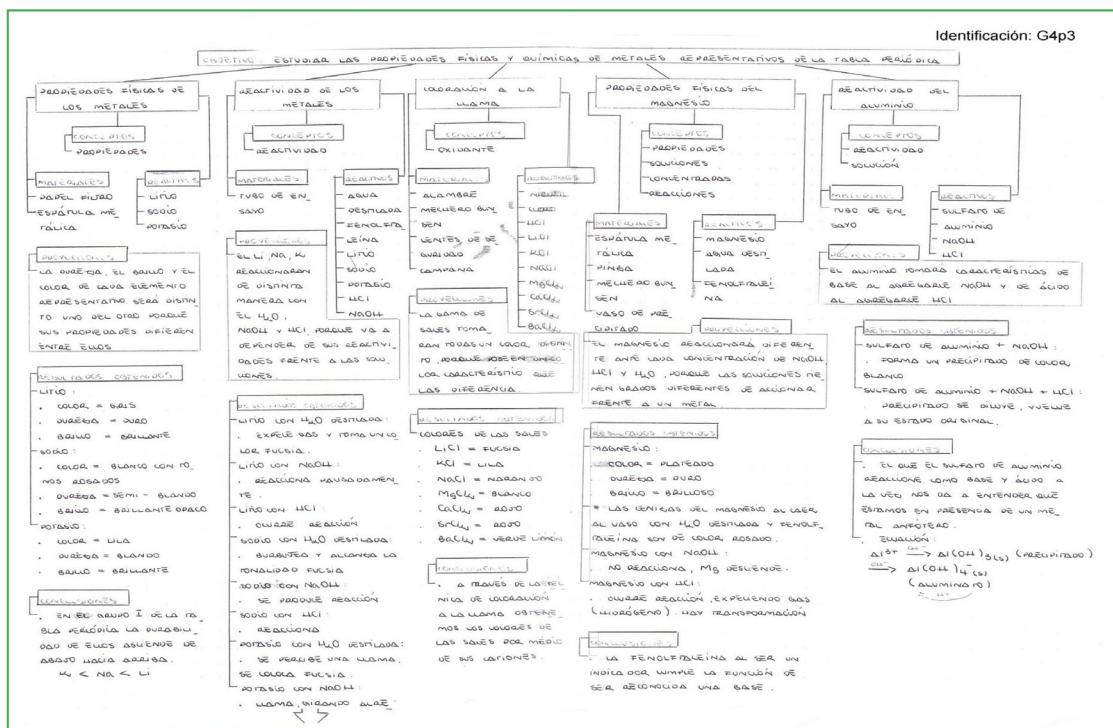
1. G1 y G3 elaboran listados de procedimientos sin explicaciones ni relación con la teoría;
2. G4 elabora los procedimientos sin usar tecnicismos del laboratorio; y
3. G2 elabora explicaciones que incluyen un lenguaje técnico.

Estas tendencias refieren a distintos niveles de conceptualización y de uso de instrumentos. Este aspecto nos parece relevante como punto de partida para el establecimiento, como ya se mencionó, de relaciones más sustantivas entre teoría y práctica.





**FIGURA 8.** Ejemplo de diseño horizontal.



**FIGURA 9.** Ejemplo de diseño vertical.

## Conclusiones

Respecto a la autorregulación, consideramos que la plantilla puede ser un instrumento muy útil, especialmente para la regulación de los procedimientos a realizar en la actividad experimental, en tanto estos cobran sentido para los estudiantes al realizar un plan de acción. Es necesario, sin embargo, apoyarlos en la jerarquización de problemas y en la definición de objetivos generales y específicos, para que, a mediano plazo, puedan identificar procedimientos comunes relacionados con problemas similares, constituyendo generalizaciones.

Podemos afirmar, entonces, que la plantilla promueve procesos de regulación en los estudiantes en el plano más procedimental que teórico. Ellos definen objetivos, planifican acciones e, incluso, generan criterios de evaluación; sin embargo, al generar únicamente relaciones puntuales con los aspectos teóricos vistos en el aula, sus criterios para anticipar y evaluar sus actividades en el laboratorio, si bien concuerdan con una racionalidad hipotética (de adecuación medios-fines), se mantienen centrados en los procedimientos, tocando solo de manera tangencial los aspectos teóricos.

Dentro del ámbito procedimental, se identifican áreas que requieren ser trabajadas explícitamente con los estudiantes para mejorar el desarrollo de su conocimiento y de sus procesos de autorregulación, especialmente en lo que respecta a las relaciones causales y la justificación de resultados. Respecto al establecimiento de relaciones entre la teoría y la práctica, estas podrían ubicarse en partes específicas de la plantilla, así como en los tipos de prácticas a realizar. Se generan únicamente alusiones puntuales a los aspectos teóricos vistos en clase; sin embargo, se identifican situaciones que pueden ser desencadenantes de dicha relación, por ejemplo, el uso de instrumentos. Esto tendría implicaciones en los contenidos de las clases teóricas, ya que sería deseable que, al desarrollar la teoría, esta se contextualizara acudiendo a la historia de la ciencia y se vinculara con el uso de instrumentos para intervenir en el mundo de los fenómenos. Creemos que este puede ser un elemento clave de vínculo entre teoría y práctica, así como para la regulación de los aprendizajes de química.

Tal como se había anticipado, aprender a autorregularse es un proceso gradual que requiere la generación de andamiajes accesibles al estudiantado. Consideramos que la plantilla propuesta puede ser un buen instrumento para ello. Sin embargo, el proceso requiere que tanto el profesor de teoría como el de laboratorio apoyen inicialmente en el desarrollo de algunas tareas, especialmente en el establecimiento de relaciones teoría-práctica a través de relaciones causales, conclusiones y cambios en el estatus del uso de los instrumentos científicos, asumiendo todo ello como puentes entre teoría y práctica.

## Agradecimientos

- Programa Permanente de Intercambios de Profesores Visitantes. CINVESTAV-Monterrey, México.
- Programa de Doctorado en Didáctica de las Matemáticas y de las Ciencias Experimentales. Universidad Autónoma de Barcelona, España.
- Programa de Doctorado en Didáctica de las Ciencias. Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.



## Referencias

- Abarro, R. Q., y Asuncion, J. E. (2021). Metacognition in chemistry education. *Theoretical & Applied Science*, 95(03), 1–22. <https://doi.org/10.15863/TAS.2021.03.95.1>
- Agustian, H. Y. (2020). Students' understanding of the nature of science in the context of an undergraduate chemistry laboratory. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education*, 24(2), 56–85.
- Areepattamannil, S., Cairns, D., y Dickson, M. (2020). Teacher-directed versus inquiry-based science instruction: Investigating links to adolescent students' science dispositions across 66 countries. *Journal of Science Teacher Education*, 31(6), 675–704. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2020.1753309>
- Bliss, J., Monk, M., y Ogborn, J. (1983). *Qualitative data analysis for education research: A guide to uses of systemic networks*. Croom Helm.
- Bossér, U., y Lindahl, M. (2019). Students' positioning in the classroom: A study of teacher-student interactions in a socioscientific issue context. *Research in Science Education*, 49(2), 371–390. <https://doi.org/10.1007/s11165-017-9627-1>
- Bossér, U., Lundin, M., Lindahl, M., y Linder, C. (2021). Challenges faced by teachers implementing socio-scientific issues as core elements in their classroom practices. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 3(2), 159–176. <https://doi.org/10.30935/scimath/9429>
- Calabrese Barton, A., y Yang, K. (2000). The culture of power and science education: Learning from Miguel, just one of many. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(8), 871–889. John Wiley & Sons, Inc.
- Dinçol Özgür, S. (2024). The effects of prospective chemistry teachers' laboratory teaching experiences on their metacognitive thinking skills and perceptions of problem-solving skills. *European Journal of Psychology of Education*, 39(3), 2057–2082. <https://doi.org/10.1007/s10212-023-00760-y>
- Flick, U., Amo, T., y Blanco, C. (2015). *El diseño de investigación cualitativa*. Morata.
- García, P., y Sanmartí, N. (1998). Las bases de orientación: Un instrumento para enseñar a pensar teóricamente en biología. *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 16, 8–20.
- Gericke, N., Högström, P., y Wallin, J. (2023). A systematic review of research on laboratory work in secondary school. *Studies in Science Education*, 59(2), 245–285. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2090125>
- Hamel, C., y Viau-Guay, A. (2019). Using video to support teachers' reflective practice: A literature review. *Cogent Education*, 6(1), 1673689. <https://doi.org/10.1080/2331186X.2019.1673689>
- Hernández, V. M., Bonilla, P. J. S., y Alonso, J. J. S. (2021). Feedback and self-regulated learning in higher education. *Revista de Investigación Educativa*, 39(1), 227–248. <https://doi.org/10.6018/RIE.423341>

- Hofstein, A., y Mamlok-Naaman, R. (2007). The laboratory in science education: The state of the art. *Chemistry Education Research and Practice*, 8(2), 105–107. <https://doi.org/10.1039/B7RP90003A>
- Idoyaga, I. J. (2023). El laboratorio extendido: Nuevas perspectivas para el diseño de la enseñanza de las ciencias naturales en contextos digitales. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(SPE1), 45–59. <https://doi.org/10.22458/IE.V25IESPECIAL.5083>
- Jorba, J., y Sanmartí, N. (1996). *Enseñar, aprender y evaluar: Un proceso de regulación continua: Propuestas didácticas para las áreas de ciencias de la naturaleza y matemáticas*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Kennepohl, D. (2021). Laboratory activities to support online chemistry courses: A literature review. *Canadian Journal of Chemistry*, 99(11), 851–859. <https://doi.org/10.1139/cjc-2020-0506>
- Lavi, R., Shwartz, G., y Dori, Y. J. (2019). Metacognition in chemistry education: A literature review. *Israel Journal of Chemistry*, 59(6), 583–597. <https://doi.org/10.1002/ijch.201800087>
- Nunziati, G. (1990). Pour construire un dispositif d'évaluation formatrice. *Cahiers Pédagogiques*, 280, 47–64.
- Pajares, M. F. (1992). Teachers' beliefs and educational research: Cleaning up a messy construct. *Review of Educational Research*, 62(3), 307–332. <https://doi.org/10.3102/00346543062003307>
- Pérez, G. M., y González Galli, L. (2020). Actividades para fomentar la metacognición en las clases de biología. *Tecné Episteme y Didaxis: TED*, 47. <https://doi.org/10.17227/ted.num47-7970>
- Puustinen, M., y Pulkkinen, L. (2001). Models of self-regulated learning: A review. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 45(3), 269–286. <https://doi.org/10.1080/00313830120074206>
- Quintanilla, M., y Adúriz-Bravo, A. (2022). *Enseñanza de las ciencias para una nueva cultura docente: Desafíos y oportunidades*. Ediciones UC.
- Quiroz, B. (2016). Convenciones de notación sistémica. *Onomázein*, 33(33), 412–426. <https://doi.org/10.7764/ONOMAZEIN.33.24>
- Quiroz, N., Carrión, E. I., Mera, V., Asqui, O., Lema, B., y Berrones, P. (2023). Estrategias cognitivas, metacognitivas y afectivas para el aprendizaje autorregulado. *Perspectivas*, 8(6), 995–1017. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i6>
- Rickey, D., y Stacy, A. M. (2000). The role of metacognition in learning chemistry. *Journal of Chemical Education*, 77(7), 915–920.
- Sanmartí, N. (2020). *Avaluar és aprendre: L'avaluació per millorar els aprenentatges de l'alumnat en el marc del currículum per competències*. Departament d'Educació.

- Sanmartí, N., y Jorba, J. (1993). Strategies promoting self-regulation in science learning. In *Proceedings of the Third International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics*. Cornell University, Ithaca.
- Sarramona, J. (2022). *La investigación en ciencias sociales: Posibilidades y limitaciones*. Horsori.
- Schraw, G., Crippen, K. J., y Hartley, K. (2006). Promoting self-regulation in science education: Metacognition as part of a broader perspective on learning. *Research in Science Education*, 36(1-2), 111-139. <https://doi.org/10.1007/s11165-005-3917-8>
- Starck, J. G., Riddle, T., Sinclair, S., y Warikoo, N. (2020). Teachers are people too: Examining the racial bias of teachers compared to other American adults. *Educational Researcher*, 49(4), 273-284. <https://doi.org/10.3102/0013189X20912758>
- Thapaliya, P., y Luitel, B. C. (2024). Reflection-on-/in-/for-actions: Deconstructing hegemonic pedagogical culture in science education. *Cultural Studies of Science Education*, 19(1), 64-76. <https://doi.org/10.1177/20966083241241351>
- Thornhill-Miller, B., Camarda, A., Mercier, M., Burkhardt, J. M., Morisseau, T., Bourgeois-Bougrine, S., Vinchon, F., el Hayek, S., Augereau-Landais, M., Mourey, F., Feybesse, C., Sundquist, D., y Lubart, T. (2023). Creativity, critical thinking, communication, and collaboration: Assessment, certification, and promotion of 21st century skills for the future of work and education. *Journal of Intelligence*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/jintelligence11030054>
- Tobin, K. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90(5), 403-418.
- Torregrosa, A. (2020). La base de orientación no lineal: Estudio de tres grupos clase ante un mismo ciclo de resolución de problemas de patrones. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 17(3), 3101.
- Torres, N. Y., Correa, T. H. B., y Matarredona, J. A. S. (2022). Explanatory causal relationships in science education and its contribution to critical thinking. *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(3), 239-253. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2022v27n3p239>
- Ucar, S. (2012). How do pre-service science teachers' views on science, scientists, and science teaching change over time in a science teacher training program? *Journal of Science Education and Technology*, 21(2), 255-266. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9311-6>
- Vears, D. F., y Gillam, L. (2022). Inductive content analysis: A guide for beginning qualitative researchers. *Qualitative Research Journal*, 23(1), 84-99. <https://doi.org/10.3316/informit.455663644555599>
- Wang, M., y Zheng, X. (2021). Using game-based learning to support learning science: A study with middle school students. *Asia-Pacific Education Researcher*, 30(2), 167-176. <https://doi.org/10.1007/s40299-020-00523-z>