



Propuesta didáctica sobre la electromovilidad en Chile para promover el Pensamiento Crítico en el aula de ciencias de secundaria

M^a Fernanda Serrano Maldonado, Evelyn Obando Huala,
 Raúl Dangl Calderón

Facultad de Ciencia, Departamento de Física, Universidad de Santiago de Chile,
Santiago, Chile.

[Recibido: 19 mayo 2025; Revisado: 29 julio 2025; Aceptado: 18 diciembre 2025]

Resumen: Vivir en una época donde las personas están expuestas a problemáticas como la desinformación, requiere que la educación se interese cada vez más en promover el Pensamiento Crítico. Esta competencia es un desafío, y particularmente desde la educación científica, los grupos de investigación se están preocupando en desarrollar nuevos marcos y actividades concretas que apoyen la labor docente en los diferentes niveles educativos. Este trabajo busca aportar describiendo actividades de una secuencia didáctica para secundaria y algunos resultados de su implementación en el contexto chileno, la cual se diseñó para promover el Pensamiento Crítico desde la argumentación científica sobre el tema de la electromovilidad. Esta es una medida que en países como Chile está en vías de implementarse, por lo que trabajarla permitió que el alumnado se involucrara emocional, cognitiva y críticamente para comenzar a construir una opinión informada sobre esta temática.

Palabras clave: pensamiento crítico; electromovilidad; argumentación científica.

Teaching Module on Electromobility in Chile to Foster Critical Thinking in Secondary Science Education

Abstract: In an era in which people are increasingly exposed to issues such as misinformation, education must place even more emphasis on the promotion of critical thinking among students. Particularly within science education research, new frameworks and specific activities are being developed to support teaching practices across various educational levels. This study describes activities from a didactic sequence designed for secondary education and selected results from its implementation in the Chilean context. The sequence specifically targeted critical thinking through scientific argumentation on the topic of electromobility, an emerging policy measure in Chile and elsewhere. The sequence enabled students to engage emotionally, cognitively, and critically with the content, and to begin to form informed opinions on the issues involved.

Keywords: critical thinking; electromobility; scientific argumentation.

Para citar el artículo. Serrano Maldonado, M^a. F., Obando Huala, E. y Dangl Calderón, R. (2026). Propuesta didáctica sobre la electromovilidad en Chile para promover el Pensamiento Crítico en el aula de ciencias de secundaria. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 10(1), 1301. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2026.10.1.12107>

Contacto. 1543256@uab.cat, evelyn.obando@usach.cl, raul.dangl@usach.cl

Introducción

Vivir en una época marcada por sucesos importantes como la pandemia del COVID-19 o la crisis climática ha evidenciado los posibles peligros de que las personas tomen decisiones desinformadas o con información errónea (Chinn, Barzilai y Duncan, 2021). En este contexto epistémicamente complejo, la educación se ha preocupado cada vez más por incorporar actividades para desarrollar la capacidad crítica del alumnado, es decir, su Pensamiento Crítico (PC) (Barzilai y Chinn, 2020).

Particularmente, la educación científica se está centrando en promover esta competencia clave para la educación del siglo XXI, no sólo porque aún faltan respuestas para un desarrollo efectivo en el alumnado sino también porque se ha vuelto todo un desafío para el profesorado de ciencias (Puig et al., 2021). No obstante, también el interés está en abordar cuestiones científicas y socialmente relevantes y situadas en cada contexto, para analizar cómo los conocimientos, emociones y valores se integran al momento de reflexionar críticamente para juzgar información, tomar de decisiones o actuar individual y colectivamente (Tena, 2021; Couso et al., 2024).

Un contexto de interés para la ciencia que permite reflexionar críticamente es la reciente tendencia mundial de la Electromovilidad o E-Mobility, es decir, la incorporación del uso de vehículos de combustible y energía alternativa a través de motores eléctricos (García, 2019). Países como China, Francia o Alemania ya han anunciado terminar con la producción de vehículos de combustión interna como un escenario prioritario y prometedor para usar la energía de forma eficiente y limpia (MINENERGÍA, 2020). Asimismo, países de Latinoamérica como Chile han buscado sumarse a esta iniciativa, generando una serie de compromisos en vías de esta implementación. No obstante “¿qué tan seguros/as estamos de que esta iniciativa ayudará al logro de los objetivos propuestos?”. Es así como la importancia de este tema no sólo está en que las políticas de Estado consideren cambios en la formación profesional de sus ciudadanas y ciudadanos (MINENERGÍA, 2020), sino también en promover la alfabetización científica y tecnológica desde la educación respecto al uso e incorporación de esta tecnología.

Una forma de abordar esta temática desde la educación científica es a través de secuencias didácticas (SEAs), entendidas como una serie de actividades propias de la disciplina, en las que el alumnado participa genuinamente para construir grandes ideas de ciencia, que les permiten actuar responsable e informadamente (Tena, 2021). Una SEA en este contexto implica participar en las prácticas discursivas, cognitivas y sociales de la ciencia, pero a nivel escolar, lo cual es coherente con el enfoque de prácticas científicas impulsado por el currículum de Estados Unidos (NRC, 2012; Osborne, 2014) y el de Actividad Científica Escolar (ACE) abordada por diversos autores (p. ej. Izquierdo, et al., 1999; Jiménez-Aleixandre y Crujeiras, 2012). Couso y Puig (2021) señalan que, para impulsar prácticas científicas en una época marcada por problemáticas como el negacionismo a la ciencia, una de las dimensiones es argumentar aplicando el PC. Un marco teórico reciente que orientó el diseño de las actividades que componen la SEA que se propone en este trabajo es el de Couso et al. (2024). En concreto, en este artículo se presentan estas actividades, las cuales están dirigidas a estudiantes de secundaria quienes se van involucrando en ellas para promover su capacidad crítica y su argumentación, en torno a la incorporación de la electromovilidad en Chile. También se hace énfasis en los aspectos clave a considerar para su implementación y algunas respuestas importantes que se obtuvieron desde el alumnado, evidencias que pueden aportar a las actuales investigaciones que se están desarrollando sobre cómo promover el PC en el aula de ciencias.

La electromovilidad en Chile y su importancia para disminuir la contaminación en las ciudades

Reflexionar sobre el modelo corpuscular de la materia en el contexto de una problemática medioambiental como la contaminación del aire es una temática que ya ha sido abordada en SEAs tanto de primaria como de secundaria por autoras como Tena (2021) y Solé et al. (2022). Esta problemática, producida por sustancias liberadas a la atmósfera tales como gases, partículas sólidas o compuestos químicos (MMA, 2022), se asocia a actividades como el transporte, la industria, residenciales, entre otras (Oyarzún, 2010).

Si bien la Organización Mundial de la Salud (OMS) sugiere niveles medios de material particulado y gases contaminantes, en el año 2019 el 99% de la población mundial vivía en lugares donde no se respetaban (OMS, 2022). Así, por ejemplo, en países como Chile, en el año 2023 los niveles de MP2.5 fueron 3.8 veces los de la OMS (MMA, 2023). A partir de esto, esta organización ha sido bastante enfática en señalar que mitigar los efectos de la contaminación va más allá de acciones personales, y se necesita concentrar los esfuerzos en políticas públicas locales, regionales y mundiales. Una iniciativa que responde a esto es el acuerdo de París a nivel mundial, en el que Chile es parte y que, a través de los ministerios del Medio Ambiente y Transporte, han desarrollado medidas para cumplirlo.

Una de estas medidas tiene relación con controlar las emisiones de fuentes móviles asociadas al rubro del transporte público, ya que desde el año 1989 hasta el 2019, se evidenció que el MP2.5 disminuyó considerablemente cuando se retiraron los buses más contaminantes, aumentaron las exigencias en la revisión técnica y se incorporaron buses eléctricos (MINENERGÍA, 2020). Esta evidencia, permitió que en febrero del 2021 se promulgara la Ley N° 21.305 sobre Eficiencia Energética, cuyo objetivo es promover el uso racional y eficiente de los recursos energéticos para alcanzar la carbono neutralidad al año 2050. En esta ley se establecen los requisitos de eficiencia que deben cumplir los vehículos, edificaciones y equipos industriales. Además, se orienta cómo debe ser la información que se le entrega a las y los consumidores, facilitando sus decisiones de compra. En relación con el parque automotriz, la ley busca su renovación con vehículos más eficientes, como los eléctricos, en donde serán las empresas las que deban ofrecerlos al mercado, asumiendo los costos de no cumplir las normativas vigentes.

No obstante, para preparar a la ciudadanía con la información necesaria para esta nueva estrategia nacional de electromovilidad, un eje fundamental de los ministerios ha sido transferir conocimiento e información, para lo cual crean la “Plataforma de Electromovilidad”, espacio virtual con “información confiable y actualizada respecto del ecosistema que conforma la electromovilidad” (MINENERGÍA, 2021). Sin embargo, “¿qué tan confiable puede ser esa información que nos entreguen, si al revisar uno de sus principales materiales audiovisuales declaran que los vehículos eléctricos son cero emisiones?” Este tipo de imprecisión en la información que entregan a la ciudadanía quienes hacen las políticas públicas de un país son las que desde la educación científica se pueden evaluar desde un enfoque de PC en el aula de ciencias, donde conocer de y sobre ciencia escolar será fundamental.

Argumentar científicamente para desarrollar el Pensamiento Crítico

Participar en prácticas científicas es un aspecto central en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias a nivel escolar, con actividades científicas escolares análogas a la que desarrollan las y los científicos, donde se “piensa”, “hace” y “habla” la ciencia en la escuela para intervenir en el mundo y tomar decisiones con valores (Izquierdo et al., 1999). No obstante, hoy en día es necesario matizar estas prácticas para orientarlas a abordar desafíos como la desinformación, la información errónea y la desconfianza de la ciudadanía en

la ciencia, que están cada día más presentes (Adúriz-Bravo e Izquierdo-Aymerich, 2021; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). Esto implica, interpelar a la comunidad educativa a promover actividades que permitan al alumnado desarrollar su capacidad crítica, es decir, promover el PC desde actividades orientadas, por ejemplo, a argumentar desde la ciencia (Couso y Puig, 2021).

Argumentar científicamente promueve la capacidad de evaluar el conocimiento relacionándolo con pruebas adecuadas, articulando entre datos y conclusiones, para comprender cómo se sabe lo que se sabe (Jiménez-Aleixandre, 2020). Según Domènech (2022), la argumentación científica tiene características epistémicas que son propias de la ciencia y que se evidencian en su estructura. Esto incluye el uso de justificaciones que apoyen el modelo para validarlo. Además, de acuerdo con este mismo autor, las afirmaciones debieran estar relacionadas con estos modelos científicos y las conclusiones sujetas a grados de certidumbre, añadiendo además contraargumentaciones. Esto no sólo contribuye al aprendizaje del discurso de la ciencia sino también a valores como la humildad o la honestidad.

Se trata de promover un análisis crítico que permita al alumnado conectar ideas científicas con situaciones de la vida cotidiana que les afecten directa o indirectamente, buscando que desarrollen habilidades para actuar como ciudadanos libres y autónomos (Domènech y Sanz, 2021). Articular el PC con la argumentación científica en actividades concretas es un aspecto de la didáctica de las ciencias experimentales en actual desarrollo (Puig, et al., 2023). Autores como Greene y Yu (2016) hacen un esfuerzo por sistematizar definiciones sobre el PC, identificando que habitualmente éstas incluyen dos componentes principales: la disposición de querer pensar críticamente, así como las habilidades para hacerlo. Las primeras son aspectos psicológicos que inciden en cómo responden las personas a diversas situaciones, y las segundas, son las capacidades de interpretar, analizar, evaluar e inferir que, para situaciones como argumentación, se vuelven clave. De esta forma, el PC se trata de un proceso de reflexión y razonamiento sobre qué hacer y qué creer al enfrentar problemas complejos y contextualizados.

Siguiendo esta línea, el PC también ha sido definido como práctica dialógica, que integra habilidades, disposiciones y destrezas (Puig et al., 2023). Un aspecto por considerar para promoverlo es hacerlo de manera contextualizada, es decir, conociendo profundamente de la disciplina y comprendiendo cómo la comunidad experta analiza, evalúa y argumenta en ese contexto particular (Greene y Yu, 2016). Por lo mismo, debiera estar integrado según la forma de trabajar de cada disciplina, siendo imprescindibles la teoría con la práctica y las acciones sostenidas en el tiempo (Vila, Márquez y Oliveras, 2023), lo que implica que no es suficiente pedirle al alumnado que “piense críticamente”, sino que deben aprender las habilidades específicas que se utilizan en cada disciplina (Chinn, Buckland y Samarapungavan, 2011; Sandoval, 2012). Es así como Couso et al. (2024) en el contexto de la ciencia escolar, definen el PC en el aula de ciencias como un “conjunto de procesos cognitivos, metacognitivos, actitudinales y emocionales que, basándose en conocimientos científicos, permiten evaluar el conocimiento y las formas de conocer de la ciencia escolar a través de la aplicación de criterios”. Según estas autoras, es una competencia que debe fundamentarse en el conocimiento de ciencia, lo que responde a “¿qué se debe saber de la ciencia para ser crítico en esta situación?”; en el conocimiento sobre ciencia, es decir “¿cómo trabaja la ciencia frente a esta problemática?”; y también en valores, los cuales pueden ser de carácter personal, social o comunitario.

A través de “habilidades cognitivas”, “disposiciones epistémicas”, la “regulación emocional” y “metacognitiva”, se piensa críticamente siguiendo criterios, los que ayudan al alumnado a mejorar el proceso cuando juzgan y toman decisiones. Estos criterios pueden ser

el punto de vista frente a la problemática, el tipo de fuente de justificación (Domènech, 2019) o la calidad de la investigación (Couso et al., 2024), aunque podrían ser muchos más.

En síntesis, las estrategias de aula específicamente en ciencias deben permitir, por ejemplo, diferenciar entre pseudociencia y conocimientos científicos, ayudar a las personas a desarrollar una opinión independiente o evaluar pruebas para contrastar afirmaciones antes de aceptarlas (Jiménez-Aleixandre, 2020). Otras tareas pueden ser tomar una actitud investigativa para buscar pruebas y usarlas, y que se encuentren dispuestos a un posible cambio de opinión con una postura independiente que se base en conocimiento científico (Puig et al., 2023). Es respecto a estos aspectos del PC en el que planteamos los objetivos de este trabajo, donde principalmente se espera analizar en qué medida la SEA permite que el alumnado busque pruebas y las use para evaluar afirmaciones y construir opiniones fundamentadas en el conocimiento científico, a partir de la validación del diseño inicial por juicio de expertos y del proceso de implementación de las actividades en el contexto chileno.

Metodología

A continuación, se presentan los principios y herramientas de diseño que fundamentan esta SEA, explicando de qué forma se aborda la controversia del uso de vehículos eléctricos como una alternativa a las cero emisiones. También se presenta el instrumento que permitió validar por juicio de expertos el diseño inicial de la SEA, y los participantes y el contexto en el que la SEA pudo ser implementada. Respecto a este proceso, en este artículo sólo se analizan unas pocas actividades que son las que cambiaron en formato en el nuevo diseño y además las que permiten evidenciar la capacidad de la SEA en promover expresión de ideas iniciales, evaluaciones de afirmaciones y la toma de decisiones en base a criterios sobre la temática de la electromovilidad. Es a partir de esta iteración que se propone una segunda versión del material didáctico.

Principios y herramientas de diseño que orientan la creación de la SEA

Para diseñar y validar la secuencia didáctica este trabajo se fundamentó en el paradigma de Investigación Basada en el Diseño (IBD por su sigla en español), que de acuerdo con Tena y Couso (2023), en el contexto educativo se ha vuelto muy reconocido para generar propuestas y recursos que apoyen de manera efectiva el aprendizaje del alumnado, que es lo esperado con nuestra innovación. En este paradigma, estas autoras definen un marco para evaluar la calidad de una SEA, incorporando elementos y prácticas clave. Una de estas prácticas es la importancia de explicitar los “principios de diseño (PD)”, es decir, elementos teóricos importantes tanto en la fase inicial como final del diseño de la SEA, que orientan la elaboración de objetivos, el diseño de actividades, la selección de herramientas didácticas, entre otros. Así también las “herramientas de diseño” como una forma de operativizar estos principios de diseño, y que guiará la creación de las actividades de la SEA.

Sobre los principios de diseño, en el apartado anterior respecto al marco teórico se ha declarado anteriormente el posicionamiento en el cual se basa este trabajo, fundamentalmente en el marco de ACE de Izquierdo et al. (1999) y su coherencia con las prácticas científicas de Osborne (2014). Siendo este el contexto situado para promover el PC, con relación a las herramientas de diseño, se considera el “Esquema de Diseño de Actividades de Pensamiento Crítico” de Vila, Márquez y Oliveras (2023), quienes proponen que diseñar tareas en este contexto debe cumplir con las características que se describen en la Tabla 1. Por lo tanto, en esta tabla se especifican no sólo estas herramientas de diseño sino también de qué forma están presentes en la SEA.

Tabla 1. Características según Vila, Márquez y Oliveras (2023) en las tareas pensadas para promover el PC en el aula de ciencias.

Características	Presencia en la SEA
Contenido científico a trabajar, de acuerdo con el currículum escolar.	Contaminación del aire por material particulado y gases contaminantes. Relación ciencia-tecnología.
Elementos del PC a desarrollar según un marco teórico de referencia.	Habilidades cognitivas; Regulación metacognitiva; situadas en el contexto de la práctica científica de argumentación.
Un contexto relevante para el alumnado, relacionado con el contenido científico y que sea hilo conductor de las actividades.	Evaluar información y tomar decisiones en torno a la electromovilidad en Chile
Andamiajes donde se potencie la argumentación e incluyan dimensiones comunicativas y colaborativas.	Incorporación de andamio para construir y revisar un argumento científico, basada en Domènech (2022).
Preguntas metacognitivas.	Se incorporan preguntas del tipo “¿sigues estando de acuerdo con lo que pensabas una vez que ya has incorporado más información, o revisado nuevos aspectos que no conocías?”, “¿en qué medida cambia o mantienes lo que pensabas, por qué?”, entre otras.

Todos estos aspectos del diseño de la SEA son coherentes con el currículum nacional chileno y particularmente con el objetivo de aprendizaje a desarrollar en el alumnado en ciencias naturales “Analizar críticamente implicancias sociales, económicas y éticas y ambientales de problemas relacionados con controversias públicas que involucran ciencia y tecnología”.

En términos de formato, las actividades se agrupan en una SEA inicial compuesta de 3 sesiones de clase, cada una de una duración de 90 minutos, en donde los objetivos a lograr así como el detalle de las actividades se pueden revisar en profundidad en la Tabla 2 del Anexo. Siendo coherentes con el paradigma IBD, y buscando que efectivamente la SEA promueva los aprendizajes esperados, primero se aplica una validación por juicio de expertos con un cuestionario en formato Formulario de Google y con una escala de apreciación de niveles según grado de acuerdo con diferentes indicadores. En este mismo instrumento se incorporan preguntas abiertas para permitir comentarios generales.

Participantes y contexto de implementación de la SEA

La propuesta se aplicó el año 2024 en el sistema escolar chileno a un mismo colegio de la Región Metropolitana de Santiago. Su implementación fue en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, ya que está orientada a que el alumnado integre sus conocimientos de y sobre ciencia para abordar fenómenos complejos de su entorno y los aplique para “tomar decisiones informadas, comprender situaciones cercanas y proponer soluciones a problemas que afecten a las personas, la sociedad y el ambiente” (MINEDUC, 2020). Específicamente, fue en cuatro cursos de enseñanza media, con un total de 160 participantes y específicamente en el nivel de cuarto año medio, en donde el alumnado tiene edades entre los 16-17 años.

La metodología utilizada para su implementación consistió en la participación del alumnado, la cual fue orientada por un proceso de codocencia entre tres docentes presentes

en todo momento, dos de los cuales corresponden a los autores de este trabajo. Además, durante el desarrollo de las actividades, el alumnado trabajó tanto de manera individual como colaborativa, ya sea para la expresión de ideas iniciales, la discusión y revisión de puntos de vista, el consenso de ideas y la transferencia a nuevos contextos. La evaluación de todas las actividades de la SEA consistió en una tarea final de transferencia de conocimiento, donde el nivel de logro era revisado con una rúbrica.

Análisis de datos

Los datos analizados en cada instrumento se describen en la Tabla 3. Para el análisis del cuestionario de validación por juicio de expertos, se identifican los aspectos de las actividades que promueven PC de acuerdo a Vila, Márquez y Olivera (2023) y Couso et al. (2024). Estos elementos son

- Aspectos de la SEA en relación a la situación de aprendizaje propuesta.
- Aspectos de la SEA en relación al Marco del PC en el aula de ciencias.
- Aspectos de la SEA con relación al conocimiento de y sobre ciencia.

En relación con las actividades seleccionadas, el criterio para analizarlas fue porque corresponden a las que permiten evidenciar aspectos clave de un Ciclo de Aprendizaje (por ejemplo, ideas previas del alumnado con la actividad 1.6) con foco en el desarrollo del PC desde la argumentación científica (por ejemplo actividad 2.1 y 2.3 en donde se espera un cambio de posturas iniciales después de incorporar más información o actividad 3.4 donde se espera que argumenten en base a lo aprendido), lo cual también se describe en la Tabla 3.

Tabla 3. Instrumentos de recolección de datos para analizar.

Instrumento	Datos analizados	Relación con marco del PC
Cuestionario de validación de la SEA basado en Vila, Márquez y Oliveras (2023)	Valoraciones de personas expertas con experiencia en la asignatura y la didáctica, de acuerdo a escala de apreciación y preguntas abiertas.	Un contexto relevante para el alumnado, relacionado con el contenido científico y que sea hilo conductor de las actividades.
Actividad 1.6 de la sesión 1	Transcripción de respuestas escritas	Habilidades cognitivas y regulación metacognitiva (expresión de ideas iniciales, discusión, reformulación y planteamiento de hipótesis grupal).
Actividades 2.1 y 2.2 de la sesión 2		Habilidades cognitivas (evaluar afirmaciones sobre el trabajo científico de otros, justificando con criterios).
Actividad 3.4 de la sesión 3		Andamiajes donde se potencie la argumentación e incluyan dimensiones comunicativas y colaborativas.

Para la presentación de estos resultados se utiliza una única representación para mostrar el nivel de logro de la SEA en los diferentes aspectos que se deben incluir en los diseños que busquen promover el PC desde los autores citados anteriormente. Por otro lado, los datos de las respuestas escritas se analizan desde un paradigma cualitativo-interpretativo con la técnica del análisis de contenido, que ayuda a garantizar un proceso de análisis

sistemático, objetivo y válido (Díaz Herrera, 2018). Este proceso fue inductivo, y se realizó de forma individual por cada autor de este trabajo, para luego desarrollar una jornada grupal en la que se contrastaron y consensuaron las discrepancias sobre las categorías que emergieron.

Resultados y discusión

En este apartado los resultados se presentan y discuten en dos fases. La primera corresponde al proceso de validación de la SEA por juicio de expertos, y la segunda a los resultados de las respuestas escritas a las actividades clave implementadas.

Resultados de la validación de la SEA inicial por juicio de expertos

En la Figura 1 se muestra el nivel de logro de la SEA en los 3 aspectos relacionados con la herramienta de diseño. Incluimos los resultados de la regulación metacognitiva como un aspecto del PC, porque facilita la identificación de cómo está presente en las actividades y porque fue el aspecto más presente en la SEA, entendiendo que la SEA no tiene por qué abordar todos los aspectos en los que se fundamenta esta competencia (Couso et al., 2024).

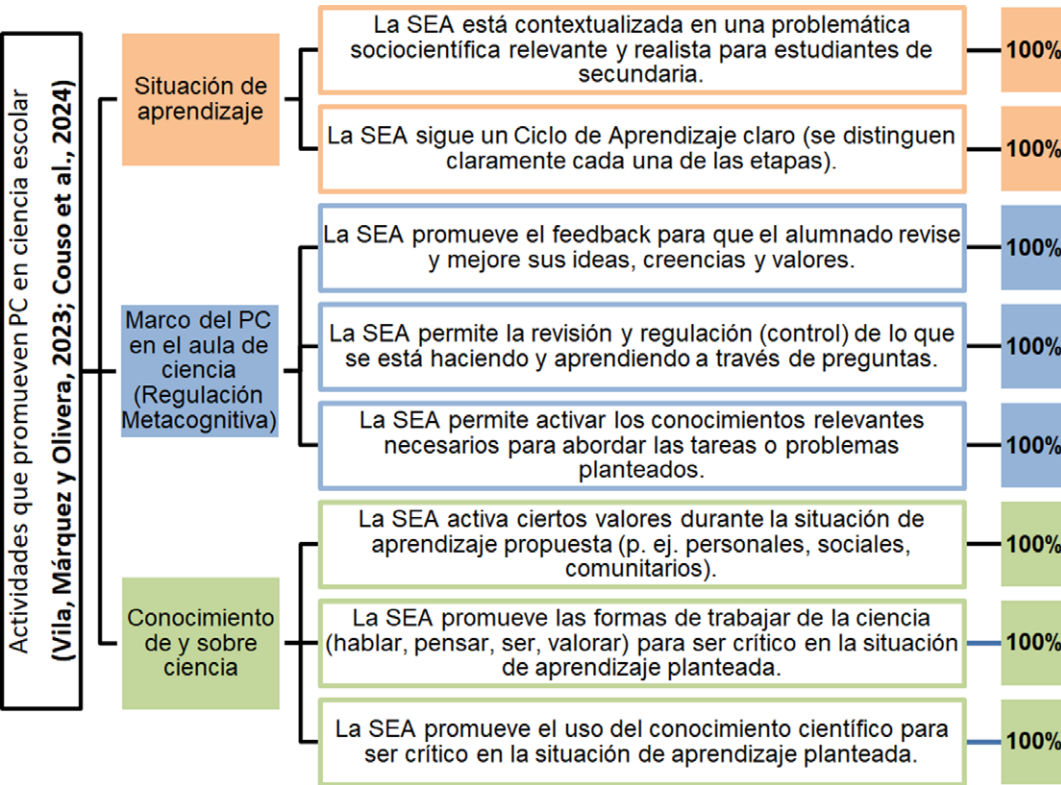


Figura 1. Respuestas al cuestionario de validación por juicio de expertos a los principales aspectos relacionados con las herramientas de diseño

De acuerdo con estos resultados, todos los validadores están muy de acuerdo en señalar que la SEA sigue un Ciclo de Aprendizaje según la herramienta de diseño que escogimos utilizar de Jorba y Sanmartí (1996). Además, se encuentra contextualizada adecuadamente en una problemática sociocientífica que permite una reflexión constante de lo que se va aprendiendo de y ciencia a través de la regulación metacognitiva, tal como se espera de una SEA elaborada para apoyar el aprendizaje efectivo del alumnado (Tena y Couso, 2023).

Esto fue favorable porque generó confianza para la implementación, fundamentalmente porque sabíamos que el material está validado por personas externa que además tienen formación profesional en el ámbito y la experiencia de aula enseñando en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía.

En relación con las habilidades cognitivas y disposiciones epistémicas, los resultados obtenidos sobre cómo éstas se promueven en las diversas actividades se muestran en la Figura 2.

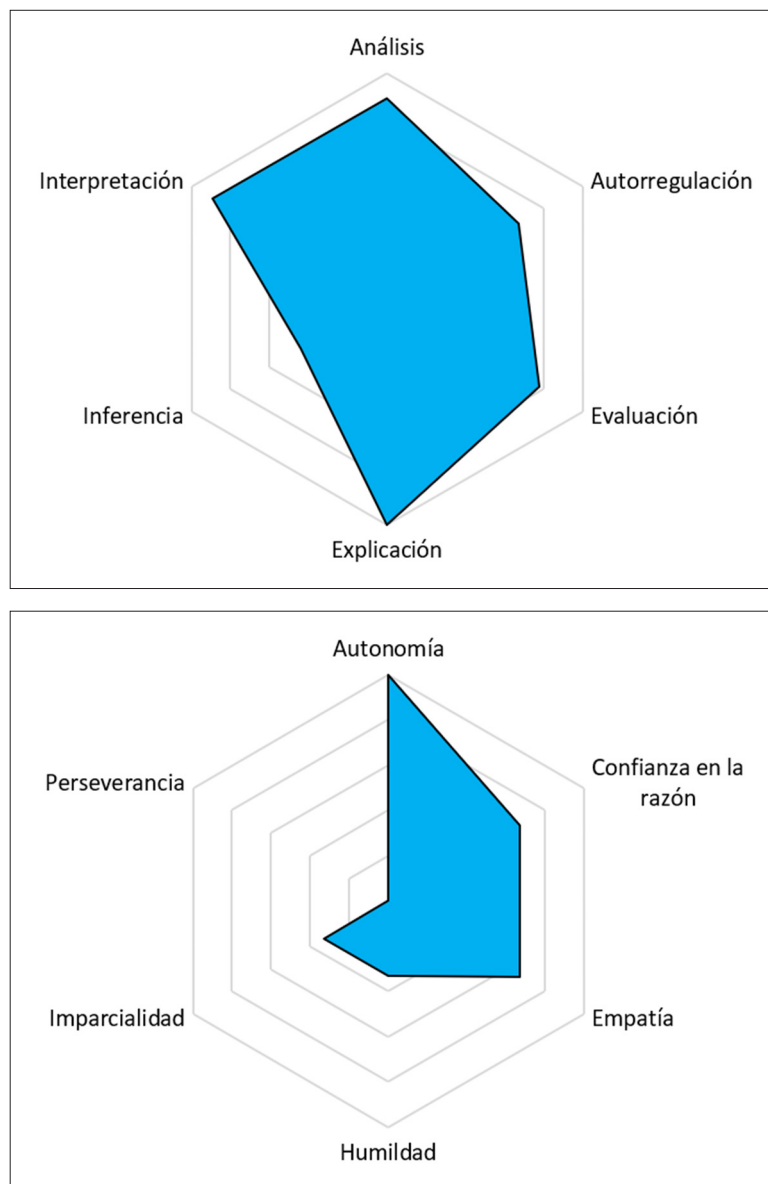


Figura 2. Respuestas de expertos sobre habilidades cognitivas (arriba) y sobre disposiciones epistémicas (abajo)

Como vemos en la Figura 2, con relación a las habilidades cognitivas todos los expertos coinciden en que la SEA tiene actividades que promueven fundamentalmente la explicación, la interpretación, el análisis y la evaluación, lo cual además es coherente con los objetivos que se describen para cada actividad en la Tabla 1. En general, tal como exponen Vila, Márquez y Oliveras (2023), nuestra SEA se fundamenta en habilidades cognitivas propias del PC. Además, complementario a lo anterior, cuando a los expertos se les solicita

que indiquen específicamente cuándo y cómo se trabajan las habilidades, uno de ellos indicó que

“En general, se trabajan en los momentos de reflexión a las propias acciones del estudiante. Constantemente se reflexiona, evalúa, interpreta, pero se ponen en práctica cuando trabajamos colaborativamente (experto 1)”

Sobre las disposiciones epistémicas, se destacan la autonomía, percibida por todos los expertos como la más presente en la SEA, lo que es coherente con los primeros resultados con relación a la regulación metacognitiva. Además, mencionan la empatía y la confianza en la razón. Si bien en este aspecto del PC las respuestas fueron variadas, se observa que, a modo general, existen preguntas dentro de la SEA que buscan fomentar fundamentalmente tres disposiciones epistémicas.

Finalmente, y aunque no era el foco principal de la SEA trabajar la regulación emocional, se les preguntó por este aspecto y todos consideraron que se promueve con alguna pregunta concreta, tal como la actividad 1.1 que, a través de la expresión de emociones y el rol con el que se identifica el alumnado, se puede acerca la problemática para desarrollar los objetivos propuestos. En relación con este aspecto del PC, un experto hace referencia a la importancia del rol del docente en el aula señalando

“Se esperaría una mediación por parte del docente para conducir a aquel reconocimiento, por ejemplo, a través de la definición de emociones básicas o esperadas”

Esta idea nos permite como docentes fortalecer el proceso de implementación de ésta y otras actividades, y en futuro tener en cuenta en mayor medida la regulación emocional como principio de diseño. Tal como señalan Jiménez-Liso, Martínez y López-Gay (2023) identificar emociones concretas que se producen con las actividades de las SEAs que diseñamos permite que el profesorado se anticipe a ellas, y que ayuden al alumnado a ser consciente de sus diversas emociones para evitar inseguridades o bloqueos, o para que sensaciones como la satisfacción no se omitan. Como hemos visto en los aspectos en los que se fundamenta el PC según el marco de Couso et al. (2024), las emociones son imprescindibles en toda SEA, algo que en investigaciones como las de Jiménez-Liso, Martínez y López-Gay (2023) han identificado como la dimensión afectiva, y que para ciclos como la indagación o la modelización han establecido a través del ciclo emocional.

En relación con las apreciaciones generales de la SEA, un comentario de experto fue

“Muy buena secuencia. Es clara, concisa y aporta a la reflexión crítica y a la necesidad de evaluar desde que lugar y de quién nos llega la información. Además de considerar una diversidad de actividades que requieren diferentes habilidades ¡Muy buen trabajo!”

En general, creemos que estas apreciaciones positivas ocurrieron ya que desde un inicio escogimos el paradigma de IBD para diseñar. Por lo tanto, el objetivo siempre fue generar un material didáctico que si era revisado por el marco de calidad de propuestas didácticas de Tena y Couso (2023), la SEA respondiera adecuadamente como mínimo a la validez y la utilidad. De esta forma, y de acuerdo con el marco de estas autoras, nuestra SEA es coherente y basada en conocimiento didáctico, pedagógico y científico actual y aporta herramientas didácticas útiles para orientar la implementación en un contexto cotidiano del aula. Para considerar las otras dimensiones del marco, como la confiabilidad, es necesario analizar en qué medida la implementación sirvió para el logro de los objetivos de aprendizaje propuestos, y también en qué medida la SEA se puede refinar según variadas implementaciones, tal como se propone en el paradigma IBD (Tena y Couso, 2023).

Resultados de las respuestas escritas a las actividades clave implementadas

En relación con las ideas iniciales del alumnado en la actividad 1.6 en la cual el alumnado debía señalar si los vehículos convencionales y eléctricos contaminan de igual o diferente forma y por qué lo creían así, el 100% de ellos señala que sí contaminan diferente. Así también las justificaciones que utilizan para respaldar sus respuestas tienen relación con el impacto que genera al medioambiente, el funcionamiento de cada vehículo o una combinación de ambos. Por la cantidad de participantes del estudio no se realiza una representación gráfica de los resultados cuantitativos, pero sí destacamos algunos ejemplos.

“A2. Porque el vehículo eléctrico emite menos gases de efecto invernadero (impacto)”

“A10. Porque el vehículo convencional ocupa combustible generando diversos gases, el eléctrico ocupa batería que no genera combustión dentro del vehículo, y que no se emite ningún gas (impacto y funcionamiento).”

Este último ejemplo demuestra que este alumno tiene un modelo inicial del fenómeno un poco más sofisticado que el primer ejemplo. Ambas ideas iniciales que tienen sobre el funcionamiento e impacto se irán modificando en la medida en que se desarrollen las actividades de la SEA, sin embargo, será clave promover la construcción de la idea científica escolar clave (Couso, 2020) asociada a la controversia escogida. Tal como señala Tena (2021), este contexto ha sido el ideal para evidenciar en las respuestas del alumnado sus criterios e ideas científicas que permitirá el despliegue del PC en el aula de ciencia (Couso et al., 2024).

Otro momento importante de la SEA en donde evidenciamos estos criterios que señala Tena (2021) es cuando el alumnado se posiciona sobre la información entregada en el video del Ministerio de Energía, y cómo este posicionamiento cambia una vez que leen la noticia que les permite incorporar nueva información sobre el funcionamiento de los vehículos eléctricos. Esto se puede observar en la Figura 3, en la cual se compara qué tan de acuerdo estaban antes y después de leer la noticia. Tal como se identificó, hubo un cambio

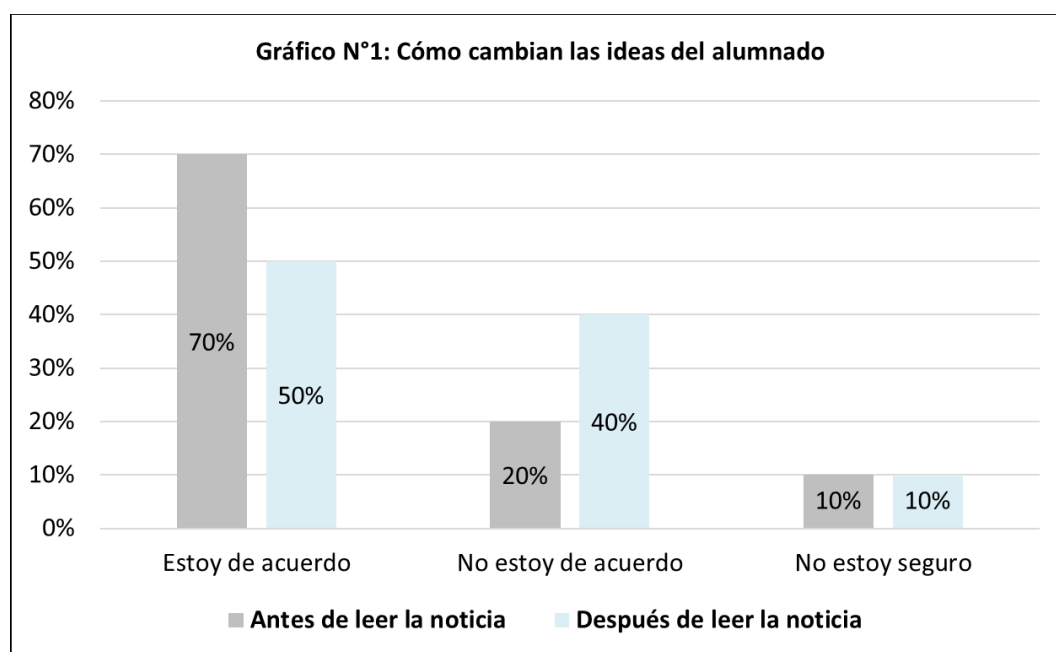


Figura 3. Cambio de ideas respecto a la información presentada en el video y después de incorporar más información a partir de una noticia real

de dos aspectos importantes. Inicialmente el 70% de ellos señalaba estar de acuerdo con la información del video, sin embargo, una vez que leyeron la noticia este porcentaje bajó. Así también varió el porcentaje de quienes no estaban de acuerdo el cual posteriormente aumentó, lo que nos permite identificar que el alumnado incorporó nueva información para revisar sus ideas iniciales, y cambiar su postura ahora con nuevos datos, proceso clave en la regulación metacognitiva.

Para complementar los resultados del gráfico, en la Tabla 3 comparamos las respuestas del estudiante A10 quien inicialmente señaló estar de acuerdo y que luego cambió su respuesta.

Tabla 3. Comparación respuestas escritas alumno A10.

Antes de leer la noticia	Después de leer la noticia
<i>A10. Estoy de acuerdo porque los vehículos eléctricos al no emitir gases, por lógica, no hay partículas, menos contaminación acompañada de una mejor calidad del aire</i>	<i>A10. Ya no estoy tan de acuerdo con las afirmaciones del video ya que se olvidaron mencionar sobre la explotación del litio para producir las baterías de los autos eléctricos siendo tan importante, ya que mencionan que tiene un impacto ambiental, entonces esto se trata de elegir el mal menor.</i>

Podemos ver que no sólo cambia su postura sino también incorpora nuevo conocimiento científico a su argumento. Este proceso que realiza el alumno A10 fue una idea muy general de lo que se espera de la modelización en ciencia escolar (Couso, 2020). Particularmente en este estudiante, antes de leer la noticia, se puede evidenciar cómo expresa unas ideas iniciales no sólo de lo que sabe del fenómeno sino también de cómo esto que sabe es coherente con la información que aporta el Ministerio de Energía, estando de acuerdo con lo que exponen. No obstante, tanto este estudiante como otros, a partir de nueva información, revisan sus ideas iniciales, en algunos casos modificándolas para dejar en evidencia la falta de exactitud o precisión en la información que se entrega a la ciudadanía. Tal como señala Couso (2020), este proceso les permitió vivir un auténtico momento de construcción de conocimiento incorporando nuevas pruebas, sofisticando sus ideas iniciales que serán un potencial para mejorar sus predicciones o explicaciones futuras.

Finalmente, otra actividad de interés fue fijarnos en el argumento utilizado en la carta de sugerencias al Ministerio de Energía. Debido a problemas concretos de la implementación, de todas las propuestas finales de cartas por parte del estudiantado en la mayoría se detectó el uso de Inteligencia Artificial (IA). No obstante, se rescatan dos de los argumentos utilizados por dos grupos de estudiantes.

Tabla 4. Argumentos dados por dos grupos diferentes de alumnos en su carta final

Argumentos de la carta grupal	
<i>No estamos de acuerdo con el video informativo que se presentó en clase, ya que si bien promete cero gas, cero partícula y cero emisiones, eso no es verdad, ya que de algún otro modo siguen contaminando, pero a menos medida porque al usarlo el desgaste de las llantas, el uso de los frenos, el cómo lo cargamos, todo es implica una contaminación.</i>	<i>En efecto hay menor contaminación, pero no es cero emisiones, que el simple hecho de extraer el material (Litio) para hacer los motores de los autos eléctricos, ya contamina el medioambiente y atenta contra la biodiversidad del sector donde se extrae. No son cero partículas, si bien lo hacen indirectamente, durante el frenado levantan partículas de polvo provenientes del desgaste de los frenos y neumáticos, así que sí, emiten partículas.</i>

Tal como se puede observar, el alumnado logra argumentar con conocimiento científico del fenómeno, incorporando lo aprendido durante la SEA para dar las sugerencias de cambiar la información del video de la Plataforma de Electromovilidad y así promover información exacta y precisa para la ciudadanía quien debe decidir sobre la adquisición de vehículos eléctricos.

A partir de estos resultados, y considerando los aspectos más específicos del proceso de implementación de la SEA inicial, fundamentalmente los cambios se generan en la última guía, ya que hemos visto cómo las otras actividades analizadas se logran expresar ideas iniciales o cambiar ideas en torno a nueva información. No obstante, y a partir de lo ocurrido con la actividad 3.4 donde el alumnado no logró demostrar si podían argumentar científicamente, se cambia para incluir los andamios necesarios para que el alumnado no se vea obligado a recurrir a fuentes externas. De esta forma, en la SEA final se incorpora una pregunta para la guía 2, y se cambia una pregunta en la guía 3 lo cual se describe en la Tabla 5.

Tabla 5. Cambios realizados en la SEA final que se describe en el Anexo (Tabla 2)

¿Cómo era la pregunta en el diseño inicial de la SEA?	¿Cómo quedó la pregunta después de los resultados?																																																											
No existía esta pregunta, y en el diseño inicial se le pedía al alumnado argumentar, sin andamiar el proceso y sin haberlo trabajado anteriormente. Como creemos que el uso de IA se puede deber a la falta de orientación en este proceso de argumentar, y para ser coherentes con el marco de argumentación científica de Domènech (2019) se incorpora desde la guía 2 este andamio. A partir de él, se vuelve a retomar en la guía 3 obligando al alumnado a construir argumentos desde una estructura en concreto.	9. Según el comentario que escogiste como el más confiable. Analiza si este se encuentra bien argumentado, para ello completa la siguiente tabla para evaluar lo solicitado. <table><tr><th colspan="3">Tabla de Análisis de Argumentación</th></tr><tr><th>Criterio a evaluar</th><th>Pregunta para responder si cumple el criterio</th><th>Respuesta</th></tr><tr><td>Idea base</td><td>¿La idea principal es clara y fácil de entender?</td><td></td></tr><tr><td>Datos</td><td>¿Los datos presentados son relevantes y precisos?</td><td></td></tr><tr><td>Fuentes de Referencia</td><td>¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?</td><td></td></tr><tr><td>Justificación</td><td>¿La justificación de los datos es lógica y convincente?</td><td></td></tr><tr><td>Fundamentación</td><td>¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?</td><td></td></tr></table> I. Luego de ver nuevamente el video del Ministerio de Energía sobre los vehículos eléctricos, es necesario adoptar una postura con respecto a las afirmaciones que se plantean. La postura puede ser favor o en contra de estas afirmaciones. Para ello, elabora un argumento para respaldar tu  Recordemos que... Un buen argumento esta compuesto de la siguiente estructura argumentativa: • Una idea clara. • Datos que respalden la idea. • Fuentes que respalden los datos. • Justificación de los datos. • Fundamentación o respaldo. • Conclusión.  Ejemplo <table><tr><td>Idea clara</td><td>Las escuelas deben implementar programas de reciclaje.</td></tr><tr><td>Datos que respalden la idea</td><td>Las escuelas con reciclaje reducen sus residuos en un 20%.</td></tr><tr><td>Fuentes que respalden los datos</td><td>Informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).</td></tr><tr><td>Justificación de los datos</td><td>Reducir residuos ayuda al medio ambiente y fomenta hábitos sostenibles.</td></tr><tr><td>Fundamentación o respaldo</td><td>La educación temprana en sostenibilidad forma ciudadanos responsables.</td></tr></table> II. Ahora pídele a algún compañero o compañera que revise tu argumento y conteste a las preguntas de la siguiente tabla. Marque con una X en Si o No según corresponda. <table><tr><th>Nombre de quien revisa:</th><th>Si</th><th>No</th><th>Evidencia extraída del argumento escrito</th></tr><tr><td>¿La idea principal es clara y fácil de entender?</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>¿Los datos presentados son relevantes y precisos?</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>¿La justificación de los datos es lógica y convincente?</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>¿La conclusión es coherente y está bien fundamentada?</td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	Tabla de Análisis de Argumentación			Criterio a evaluar	Pregunta para responder si cumple el criterio	Respuesta	Idea base	¿La idea principal es clara y fácil de entender?		Datos	¿Los datos presentados son relevantes y precisos?		Fuentes de Referencia	¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?		Justificación	¿La justificación de los datos es lógica y convincente?		Fundamentación	¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?		Idea clara	Las escuelas deben implementar programas de reciclaje.	Datos que respalden la idea	Las escuelas con reciclaje reducen sus residuos en un 20%.	Fuentes que respalden los datos	Informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).	Justificación de los datos	Reducir residuos ayuda al medio ambiente y fomenta hábitos sostenibles.	Fundamentación o respaldo	La educación temprana en sostenibilidad forma ciudadanos responsables.	Nombre de quien revisa:	Si	No	Evidencia extraída del argumento escrito	¿La idea principal es clara y fácil de entender?				¿Los datos presentados son relevantes y precisos?				¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?				¿La justificación de los datos es lógica y convincente?				¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?				¿La conclusión es coherente y está bien fundamentada?			
Tabla de Análisis de Argumentación																																																												
Criterio a evaluar	Pregunta para responder si cumple el criterio	Respuesta																																																										
Idea base	¿La idea principal es clara y fácil de entender?																																																											
Datos	¿Los datos presentados son relevantes y precisos?																																																											
Fuentes de Referencia	¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?																																																											
Justificación	¿La justificación de los datos es lógica y convincente?																																																											
Fundamentación	¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?																																																											
Idea clara	Las escuelas deben implementar programas de reciclaje.																																																											
Datos que respalden la idea	Las escuelas con reciclaje reducen sus residuos en un 20%.																																																											
Fuentes que respalden los datos	Informe de la Agencia de Protección Ambiental (EPA).																																																											
Justificación de los datos	Reducir residuos ayuda al medio ambiente y fomenta hábitos sostenibles.																																																											
Fundamentación o respaldo	La educación temprana en sostenibilidad forma ciudadanos responsables.																																																											
Nombre de quien revisa:	Si	No	Evidencia extraída del argumento escrito																																																									
¿La idea principal es clara y fácil de entender?																																																												
¿Los datos presentados son relevantes y precisos?																																																												
¿Las fuentes utilizadas son confiables y adecuadas?																																																												
¿La justificación de los datos es lógica y convincente?																																																												
¿La fundamentación es sólida y está bien sustentada?																																																												
¿La conclusión es coherente y está bien fundamentada?																																																												

Reflexiones finales

Este artículo presenta una SEA que se enmarca en el reciente marco del PC para el aula de ciencia escolar de Couso et al. (2024), contribuyendo a promover tanto la construcción de conocimiento científico como la reflexión crítica en torno a la información que recibimos desde diferentes fuentes. Es una propuesta didáctica que nos hace creer que aporta al contexto chileno, específicamente para la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía en 3° y 4° año medio, porque pasó tanto por un proceso de validación por juicio de expertos como por una implementación que nos permitió refinar el material en aspectos concretos y necesarios para garantizar lo que se espera con las actividades.

Sabemos, tal como señalan Puig et al. (2021), que promover el PC en el sistema escolar es un desafío, no sólo por los pocos conocimientos que pueda tener el profesorado sobre esta competencia sino también por lo reciente de este marco no en términos teóricos, pero sí en términos prácticos, es decir, en cómo hacerlo concretamente desde cada disciplina. Por lo tanto, aportar con este trabajo creemos que ayuda directamente a este aspecto, no sólo porque se aportan actividades concretas y qué se logró en algunas de ellas, sino porque personas expertas en el área dan cuenta de la calidad de la SEA en términos de los aspectos que se espera que promuevan las actividades de PC en el aula de ciencias.

Para aportar aún más en la labor docente al momento de promover actividades del PC, y tal como señala Tena (2021), a nivel de implementación de esta SEA creemos que un aspecto clave para tener éxito en la construcción de ideas importantes para la ciencia es fortalecer las retroalimentaciones entre docente y estudiantes, también entre estudiantes, y en la medida de lo posible, incorporar la codocencia entre investigadores y docentes titulares. Esta estrategia fue clave en cada sesión, ya que se generó una comunidad de aprendizaje en donde la gestión de los tiempos de cada actividad, así como la constante discusión guiada de las ideas, permitió un desarrollo adecuado de las actividades de la SEA porque el alumnado se tuvo que involucrar en pensar críticamente y argumentar científicamente sobre, por ejemplo, las afirmaciones del Ministerio sobre la electromovilidad en Chile, las opiniones entre ellos, entre otras. Esto está respaldado no sólo por la retroalimentación de expertos, quienes señalan que las actividades promueven la reflexión y discusión en torno a la problemática sociocientífica, sino también por la implementación que generaron espacios reflexivos de diálogo crítico entre el alumnado, donde compartían conocimientos, valores y emociones, tal como se espera de toda práctica científica escolar para promover el PC (Couso et al., 2024).

Durante la implementación también se identificaron limitaciones que afectaron la gestión de las actividades, lo cual tuvo relación específicamente con el formato de la SEA, ya que el centro educativo no disponía de los recursos para tener un material impreso por cada estudiante. En un futuro, y pensando en la mejora del material didáctico, se espera proponer algunas de las nuevas actividades en un formato digital (por ejemplo, formulario Google) para así facilitar la gestión de las actividades.

Una proyección importante de esta SEA es generar otro proceso de iteración que permita ver cómo los elementos que se mejoraron en la guía 3 se ajustan a la realidad educativa, esperando entregar a la comunidad y en acceso abierto, un diseño didáctico que responda a todos los aspectos de calidad que se espera de toda SEA para promover el PC en el aula de ciencias, y coherentes con el paradigma IBD. Somos conscientes de que este tipo de trabajos son extensos y requieren de recursos externos, aunque creemos importante asegurar que la elaboración de SEAs se haga bajo ciertos estándares que se logran cuando al menos existe una implementación.

Agradecimientos

Esta publicación es parte de la tesis de grado “La electromovilidad en Chile: Propuesta didáctica para promover el Pensamiento Crítico a través de la Argumentación Científica para estudiantes de tercer y cuarto año medio” trabajo implementado en el Liceo Santa Teresita de Independencia (Santiago de Chile) y financiado por la Facultad de Ciencia de la Universidad de Santiago de Chile para su presentación en el Simposi sobre Pensament Crític i Creatiu a les Aules de la Universitat Autònoma de Barcelona en el año 2024.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A., y Izquierdo-Aymerich, M. (2021). Tres concepciones educativas sobre el pensamiento crítico: Notas útiles para la enseñanza de las ciencias de la vida y la salud. En *Epistemología e innovación en medicina* (pp. 117–124). Plaza y Valdés Editores.
- Barzilai, S., y Chinn, C. A. (2020). A review of educational responses to the “post-truth” condition: Four lenses on “post-truth” problems. *Educational Psychologist*, 55(3), 107–119. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.2020.1786388>
- Chinn, C. A., Barzilai, S., y Duncan, R. G. (2021). Education for a “post-truth” world: New directions for research and practice. *Educational Researcher*, 50(1), 51-60. DOI: <https://doi.org/10.3102/0013189X20940683>
- Couso, D. (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 63–74). Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT); Fundación Lilly.
- Couso, D., Márquez, C., Oliveras, B., Vila, L. y Serrano, M. (2024). Un marc per al pensament crític a l’aula de ciències de secundària. En *Pensar críticament a l’aula de ciències Activitats competencials per a estudiants de secundària* (pp. 13-22). Didáctica ciencias experimentales, Universidad Autònoma de Barcelona.
- Couso, D., y Puig, B. (2021). Educación científica en tiempos de pandemia. *Alambique*, (104), 49–56. <https://www.grao.com/revistas/revista-alambique-104-abril-21-cambio-climatico-y-vida-39952>
- Díaz Herrera, C. (2018). Investigación cualitativa y análisis de contenido temático. Orientación intelectual de revista Universum. *Revista general de información y documentación*, 28(1), 119-142. DOI: <https://doi.org/10.5209/RGID.60813>
- Domènech Casal, J., y Sanz Ezquerro, J. J. (2020). Aprender ciencias es acercarlas a nuestro entorno y aprender a leer un mundo complejo con ellas. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 110–120). Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT); Fundación Lilly.
- Domènech-Casal, J. (2019). Escalas de certidumbre y balanzas de argumentos: una experiencia de construcción de marcos epistemológicos para el trabajo con Pseudociencias en secundaria. *Ápice. Revista de educación científica*, 3(2), 37-53. DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2019.3.2.4930>
- Domènech (2022). *Mueve la lengua, que el cerebro te seguirá* (Vol. 342). Graó.
- García, N. (2019). *Electromovilidad Tendencias Y Experiencia Nacional E Internacional. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Asesoría Técnica Parlamentaria.

- Greene, J. A., y Yu, S. B. (2016). Educating critical thinkers: The role of epistemic cognition. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3(1), 45–53. DOI: <https://doi.org/10.1177/2372732215622223>
- Izquierdo i Aymerich, M., Sanmartí Puig, N., y Espinet Blanch, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias Revista de investigación y experiencias didácticas*, 17(1), 45–59. DOI: <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.4104>
- Jiménez-Aleixandre, M. P., y Crujeiras Pérez, B. I. (2017). Epistemic practices and scientific practices in science education. En K. S. Taber y B. Akpan (Eds.), *Science education: New directions in mathematics and science education* (pp. 69–80). Sense Publishers. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-6300-749-8_5
- Jiménez-Aleixandre, M. P. (2020). ¿Cómo sabemos lo que sabemos? Mediante la argumentación y el uso de pruebas, herramientas para aprender y desarrollar el pensamiento crítico. En D. Couso, M. R. Jiménez-Liso, C. Refojo y J. A. Sacristán (Coords.), *Enseñando ciencia con ciencia* (pp. 75–86). Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT); Fundación Lilly.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Puig, B. (2022). Educating Critical Citizens to Face Post-truth: The Time Is Now. En Puig, B., Jiménez-Aleixandre, M.P. (eds.), *Critical Thinking in Biology and Environmental Education. Contributions from Biology Education Research* (3-20). Cham: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-92006-7_1
- Jiménez Liso, M. R., Martínez Chico, M., y López-Gay Lucio-Villegas, R. (2023). Cómo enseñar a diseñar Secuencias de Actividades de Ciencias: Principios, elementos y herramientas de diseño. *Revista eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 20(3). DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3801
- 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.
- Ministerio de Energía [MINENERGÍA]. (2020). *Electromovilidad en Chile. Escenarios de implementación y desarrollo de capital humano*. Recuperado de: <https://energia.gob.cl/electromovilidad/img/Estudio%20Electromovilidad%20Capital%20Humano.pdf>
- Ministerio de Energía [MINENERGÍA]. (2021). *Hoja de ruta para el avance de la electromovilidad en Chile*. Recuperado de: https://energia.gob.cl/sites/default/files/documentos/hoja_de_ruta_para_el_avance_de_la_electromovilidad_en_chile_acciones_concretas_al_2026.pdf
- NRC (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas* (Committee). The National Academies Press.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA] (2022). *Normas calidad del aire y emisión*.
- Ministerio del Medio Ambiente [MMA] (2023). *Servicio de Evaluación Ambiental, 2023*.
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2022). *Contaminación del aire ambiente (exterior)*. Recuperado de: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- Osborne, J. (2014). Teaching critical thinking? New directions in science education. *School Science Review*, 95(352), 53–62. Recuperado de: <https://www.ase.org.uk/resources/school-science-review/issue-352/teaching-critical-thinking-new-directions-science>

- Oyarzún, M. (2010). Contaminación aérea y sus efectos en la salud. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 26(1), 16-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-73482010000100004>
- Puig, B., Blanco-Anaya, P., y Pérez-Maceira, J. J. (2021). "Fake news" or real science? Critical thinking to assess information on COVID-19. *Frontiers in education*, 6. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.646909>
- Puig, B., Blanco-Anaya, P. y Bargiela, I. (2023) Integrar el Pensamiento Crítico en la Educación Científica en la Era de la Post-verdad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 20(3), 3301. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3301
- Solé, C., Tena, E., y Couso, D. (2022). Com podem saber si l'aire de l'institut està contaminat? En *Material docent*. Publicacions CRECIM.
- Tena, È. (2021). ¿Está contaminado el aire de la escuela? Una propuesta de indagación basada en la modelización para el aula de primaria. *Ápice Revista de Educación Científica*, 5(2). DOI: <https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7613>
- Tena, È. y Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de investigación basada en diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(2), 280101–280115. DOI: https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2801
- Vila, L., Márquez, C., y Oliveras, B. (2023). Una propuesta para el diseño de actividades que desarrollen el pensamiento crítico en el aula de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1). DOI: https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1302

Anexo

Tabla 2. Actividades de la propuesta didáctica.

Sesión	Objetivo de la sesión	Conocimientos	Actividades	Objetivos didácticos asociados a los PD
1	Reflexionar sobre la incorporación de vehículos eléctricos a nuestro país y su posible contribución al medio ambiente y la acción climática en Chile.	Contaminación que generan vehículos convencionales (combustión interna) y eléctricos. Plataforma de electromovilidad.	A1.1 Observar video y responder: ¿Con qué rol te identificas tú y las personas cercanas a tu entorno según el relato? ¿Qué emociones te surgen cuando has revisado el video?	Expresar emociones respecto a la problemática de la contaminación atmosférica.
			A1.2 Responder sus creencias acerca de la contaminación que generan los vehículos convencionales. Justificar.	Expresar ideas iniciales respecto a sus conocimientos sobre vehículos convencionales.
			A1.3 Puesta en común de sus ideas expresadas en A2.	Poner en común sus ideas iniciales para identificar similitudes y diferencias en sus creencias.
			A1.4 Dibujo comparativo de cómo creen que contamina un vehículo convencional y eléctrico.	Expresar ideas iniciales respecto a sus conocimientos sobre la contaminación que generan vehículos convencionales v/s eléctricos.
			A1.5 Similitudes y diferencias de sus dibujos.	Poner en común sus ideas iniciales para identificar similitudes y diferencias en sus creencias.
			A1.6 Observando los dibujos respecto a vehículos convencionales y eléctricos ¿Ambos contaminan de la misma o de distinta forma? ¿Por qué lo creen así?	Revisar ideas iniciales a partir de una puesta en común y establecer una hipótesis grupal de cómo es la contaminación que generan vehículos convencionales y eléctricos.
			Explorar Plataforma de Electromovilidad y reflexionar en torno a lo que se expone en ella.	Conocer la plataforma de electromovilidad en Chile y reflexionar en torno a la información que se entrega en ella.
			A1.7 Selección de afirmaciones en torno a la pregunta ¿Cómo crees que el Ministerio de Energía ha logrado establecer que los vehículos eléctricos son una buena opción para mejorar la calidad del aire?	Evaluar afirmaciones sobre el trabajo científico de otros, justificando con criterios.
			A1.8 Puesta en común de sus ideas expresadas en A7.	Poner en común sus ideas iniciales para identificar similitudes y diferencias en sus creencias.

Tabla 2. Actividades de la propuesta didáctica. *Continuación*

Sesión	Objetivo de la sesión	Conocimientos	Actividades	Objetivos didácticos asociados a los PD
			A1.9 Si comparas la respuesta y/o la justificación que diste inicialmente con el consenso al que han llegado como grupo curso: ¿Ha sido la misma? ¿Ha sido diferente? ¿En qué crees que podrías mejorar considerando la puesta en común que han realizado? A1.10 Selección de estrategias en los que se basarían para tomar decisiones informadas en torno a la contaminación atmosférica y otros temas.	Revisar sus ideas iniciales a partir de la puesta en común y proponer mejoras. Seleccionar las estrategias que utilizarían para, en el contexto de las ciencias, tomar decisiones informadas.
2	Analizar el impacto del uso de vehículos en la vida cotidiana para el medio ambiente y la acción climática en Chile a través de la toma de decisiones fundamentadas.	Contaminación que generan vehículos convencionales (combustión interna) y eléctricos. Plataforma de electromovilidad.	A2.1 Observar video (Ministerio) y responder: ¿Qué tan de acuerdo estás con las afirmaciones que se realizan en el video en relación con los vehículos eléctricos y su emisión? y justificar sus afirmaciones. Leer texto informativo adaptado de una noticia real¹. A2.2 Incorporar la información leída en el texto para revisar sus ideas expresadas tanto en A1 como en A2. A2.3 Seleccionar el medio de transporte que más utilizan para sus actividades cotidianas. A2.4 Calcular costos económicos y ambientales para tipo de vehículo, convencional y eléctrico, del trayecto que realizan en ir y volver desde la casa al colegio. Registrar de forma ordenada los cálculos realizados con el objetivo de comparar.	Evaluar afirmaciones sobre el trabajo científico de otros, justificando con criterios. Conocer más acerca de los vehículos eléctricos y sus posibles emisiones, y reflexionar en torno a la información que se entrega en el texto. Revisar sus ideas iniciales a partir de la puesta en común y proponer mejoras. Reflexionar en torno a sus actividades cotidianas y su impacto en la contaminación del aire. Reflexionar en torno a sus actividades cotidianas y su impacto en la contaminación del aire.

1 <https://uchile.cl/noticias/172627/electromovilidad-un-mejor-futuro-para-nuestras-ciudades>

Tabla 2. Actividades de la propuesta didáctica. *Continuación*

Sesión	Objetivo de la sesión	Conocimientos	Actividades	Objetivos didácticos asociados a los PD
			A2.5 ¿Qué emociones te genera saber el impacto que generas tú y tu familia en sus actividades cotidianas?	Expresar emociones respecto a la problemática de la contaminación atmosférica.
			A2.6 Asociar distintos tipos de argumentos que dan personas para persuadir a otra en la compra de un cierto tipo de vehículo, a distintas fuentes que se utilizan para fundamentar estos argumentos.	Evaluar argumentos de otros relacionados con la toma de decisiones sobre vehículos convencionales y eléctricos, justificando con criterios.
			A2.7 Evaluar la confiabilidad de esos argumentos, seleccionando el más y el menos confiable.	Evaluar la confiabilidad de los argumentos de otros, justificando con criterios.
			A2.8 Revisar la estructura del argumento que les parece más confiable según andamio.	Revisar la estructura de un argumento que se considera el más confiable en relación a otros.
			A2.9 Decidir qué vehículos comprarían ellos o le sugerirían a alguien comprar, y argumentar en qué se basarían para su decisión. Construir su argumento según estructura.	Argumentar científicamente la toma de decisiones en relación al uso de vehículos convencionales y eléctricos.
3	Aplicar conocimientos de y sobre ciencia, argumentando sobre el impacto del uso de vehículos eléctricos en la vida cotidiana para aportar a la acción climática en Chile.	Contaminación que generan vehículos convencionales (combustión interna) y eléctricos.	A3.1 Observar nuevamente video de la sesión 2 (Ministerio) y responder: ¿Crees que el Ministerio de Energía entrega información científicamente correcta, específicamente, sobre las afirmaciones relacionadas al vehículo eléctrico? Redactar argumento que respalde la respuesta.	Evaluar afirmaciones sobre el trabajo científico de otros, justificando con criterios. Argumentar científicamente la toma de decisiones en relación al uso de vehículos convencionales y eléctricos.
			A3.2 Aplicar el método de revisión por pares para evaluar el argumento dado utilizando andamio. Utilizan retroalimentación de un par para redactar versión final de su argumento.	Evaluar argumentos de otros relacionados con la toma de decisiones sobre vehículos convencionales y eléctricos, justificando con criterios.

Tabla 2. Actividades de la propuesta didáctica. *Continuación*

Sesión	Objetivo de la sesión	Conocimientos	Actividades	Objetivos didácticos asociados a los PD
			A3.3 Expresar qué sugerencias utilizaron para mejorar su argumento. Reflexionar sobre los beneficios que tiene la revisión por pares.	Revisar críticamente la estructura de un argumento dado para tomar decisiones en relación al uso de vehículos convencionales y eléctricos.
			A3.4 Redactar carta dirigida al Ministerio de Energía en donde exponen elementos a favor y en contra con respecto al contenido presentado en el video. Incorporan argumento realizado en A2, y otros que surjan, manteniendo formalidad y estructura argumentativa.	Argumentar científicamente la toma de decisiones en relación al uso de vehículos convencionales y eléctricos.
			A3.5 Observar video sobre propaganda de un vehículo para responder: ¿Qué aspectos utiliza Nissan en su publicidad para persuadir a las personas para que adquieran el vehículo?	Aplicar conocimientos adquiridos para tomar decisiones en relación a la capacidad de persuasión de un argumento en función de su estructura.
			A3.6 ¿De qué manera crees que la utilización de vehículos convencionales impacta en la salud humana? ¿Cómo se compara con el impacto del uso de vehículos eléctricos?	Aplicar conocimiento adquiridos para comprender los impactos en otros contextos sobre el uso de vehículos convencionales y eléctricos.