

Acciones pedagógicas que promueven el pensamiento crítico en el futuro profesorado de ciencias

Liliana Pedraja-Rejas 

Departamento de Ingeniería Industrial y Sistemas, Universidad de Tarapacá. Arica. Chile.

lpedraja@academicos.uta.cl

Katherine Acosta-García 

Departamento de Educación, Universidad de Tarapacá. Arica. Chile.

kacostag@academicos.uta.cl

Carlos Rodríguez Cisterna 

Departamento de Educación, Universidad de Tarapacá. Arica. Chile.

carlosrodriguezcisterna@gmail.com

[Recibido: 07 enero 2025; Revisado: 21 abril 2025; Aceptado: 27 septiembre 2025]

Resumen: Este estudio tiene como objetivo identificar y caracterizar las habilidades de pensamiento crítico que se activan en el discurso del profesorado en formación, a partir de las acciones pedagógicas implementadas por una formadora durante clases de ciencias. La investigación se inscribe en el paradigma interpretativo, con un enfoque cualitativo y un diseño de estudio de caso único, complementado con análisis del discurso. Los resultados evidencian que ciertas acciones docentes (como la formulación de preguntas abiertas, el uso del diálogo socrático, la modelación de una actitud escéptica y la implementación de metodologías de indagación científica) favorecen la activación de habilidades como la inferencia, el análisis, la explicación y, en menor medida, la autorregulación. Se concluye que este tipo de prácticas pedagógicas configura escenarios propicios para el desarrollo del pensamiento crítico en la formación inicial docente. El estudio ofrece un aporte situado que invita a seguir explorando estrategias efectivas para fortalecer esta competencia en futuros docentes.

Palabras clave: Pensamiento Crítico; Enseñanza de las Ciencias; Acción Pedagógica; Formación Docente; Indagación Científica.

Pedagogical actions that promote critical thinking in future science teachers

Abstract: This study aims to identify and characterize the critical thinking skills activated in the discourse of preservice teachers, based on the pedagogical actions implemented by a teacher educator during science lessons. The research is framed within the interpretive paradigm, using a qualitative approach and a single case study design, complemented by discourse analysis. The results show that certain pedagogical actions (such as the formulation of open-ended questions, the use of Socratic dialogue, the modeling of a skeptical attitude, and the implementation of inquiry-based methodologies) promote the activation of skills such as inference, analysis, explanation, and, to a lesser extent, self-regulation. It is concluded that these pedagogical practices help create favorable conditions for the development of critical thinking in teacher education. This study offers a situated contribution that invites further exploration of effective strategies to strengthen this competence in future teachers.

Keywords: Critical Thinking; Science Education; Pedagogical Action; Teacher Training; Scientific Inquiry.

Para citar este artículo: Pedrajas-Rejas, L., Acosta-García, K. y Rodríguez-Cisterna, C. (2025). Acciones pedagógicas que promueven el pensamiento crítico en el futuro profesorado de ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 22(3), 3604.

https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3604

Introducción

El pensamiento crítico (PC) ha sido identificado como un eje transversal en la educación a nivel mundial. El interés por este tipo de pensamiento radica en su contribución a la formación integral de los futuros profesionales (Rizki y Suprapto, 2024) y en su aporte para abordar los desafíos del siglo XXI. En este contexto, el PC se conceptualiza como un pensamiento razonado y reflexivo que facilita la resolución de problemas y la toma de decisiones (Bernal et al., 2023; Facione, 2023). Asimismo, permite la evaluación de situaciones desde múltiples perspectivas, identificar hechos y analizarlos para emitir juicios basados en la evidencia (Pedraja-Rejas y Rodríguez-Cisterna, 2023b).

No obstante, a pesar de su creciente relevancia, son limitados los estudios empíricos que rastrean formas de promover el PC y, más específicamente, su puesta en práctica en contextos de aprendizaje auténticos, particularmente en la educación en ciencias (Puig y Jiménez-Aleixandre, 2022). Esta aspiración se ve restringida, por la implementación real por parte del profesorado, que a menudo cuenta con una formación limitada en los métodos científicos y manifiesta una visión ingenua de la ciencia (Adúriz-Bravo, 2023). Una característica común de los estudios es la escasa atención que se ha prestado a comprender cómo las acciones docentes pueden influir directamente en el pensamiento crítico (PC) (Plummer et al., 2022). A su vez, uno de los desafíos más relevantes para su promoción se relaciona con su enseñanza (Marangio et al., 2024), es decir, con la forma en que se median las actividades y metodologías empleadas para su estimulación en aula (Bezanilla et al., 2021).

Desde la educación en ciencias, se ha señalado que formar en PC implica involucrar al estudiantado en procesos de construcción de conocimiento mediante prácticas de indagación científica (IC), donde la interacción dialógica entre docente y estudiantes se establezca de manera permanente y significativa (Puig y Jiménez-Aleixandre, 2022). Desde esta perspectiva, el rol del docente es proveer el andamiaje necesario mediante la formulación de preguntas que estimulen el PC del estudiantado (Caño et al., 2024). Dicho andamiaje se configura a través de acciones de mediación pedagógica centradas en los aprendizajes y capacidades del estudiantado (Núñez et al., 2020). En este proceso, el o la aprendiz es capaz de adquirir respuestas nuevas, procedimientos y actitudes, como resultado de la influencia de un modelador (Herrera, 2024).

Entre las formas de interacción dialógica que estimulan el desarrollo del PC, destaca el uso del diálogo socrático, entendido como una estrategia que promueve la reflexión mediante el planteamiento de preguntas abiertas, el cuestionamiento de supuestos y la exploración de múltiples puntos de vista (Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). Esta forma de diálogo se caracteriza por la ausencia de respuestas cerradas, la co-construcción de sentido entre docente y estudiantes, y la activación de habilidades como la inferencia, el análisis y la autorregulación del pensamiento. En el contexto de la formación inicial docente (FID), el diálogo socrático adquiere un valor formativo adicional al permitir modelar una actitud crítica y escéptica frente a fenómenos científicos y situaciones educativas complejas.

Pensamiento crítico y educación en ciencias

El PC ha sido reconocido como una competencia clave en la formación del profesorado, particularmente en el campo de la enseñanza de las ciencias, donde cobra un valor transversal. Diversas investigaciones distinguen dos dimensiones: las disposiciones y las habilidades (Çavuş et al., 2025). Las primeras aluden a una actitud favorable hacia los procesos de pensamiento complejo (Lun et al., 2023), mientras que las segundas remiten al conjunto de habilidades cognitivas necesarias para llevar a cabo dichos procesos (Cobo-Huesa et al., 2021; Ramsay et al., 2025). Ambas dimensiones se desarrollan mediante el aprendizaje activo y centrado en el estudiante (Mahdi et al., 2020), en las cuales las acciones pedagógicas son determinantes (Bellaera et al., 2021; Celik, 2021).

En este contexto, el estudio se entienden las acciones pedagógicas como aquellas intervenciones del profesorado que median el aprendizaje y orientan al estudiantado hacia la construcción de conocimiento significativo y la activación de habilidades cognitivas superiores (Morales et al., 2022). Diversos autores han destacado que dichas acciones no se reducen a la transmisión de contenidos, sino que implican la creación de ambientes de indagación y reflexión crítica, donde las interacciones, las preguntas y el uso de evidencias adquieren un rol central (Blanco-López et al., 2017; Jiménez-Aleixandre y Puig, 2022). De acuerdo con Shulman (1987), estas acciones constituyen la materialización del conocimiento pedagógico en actos concretos de enseñanza, mientras que Zabalza (2007) las concibe como prácticas orientadas a la mejora del aprendizaje que revelan la intencionalidad y el diseño docente. Así, las acciones pedagógicas constituyen un eje articulador entre el enfoque didáctico, la intencionalidad del docente y las respuestas del estudiantado, operando como catalizadores del PC en la FID. Desde esta perspectiva, comprender y caracterizar dichas acciones permite avanzar hacia una pedagogía más consciente y orientada al desarrollo de competencias del PC en contextos reales de enseñanza de las ciencias.

En el ámbito específico de la FID, se ha señalado que estimular el PC es indispensable, ya que permite al futuro profesorado adquirir herramientas para maximizar el potencial de sus estudiantes (Pedraja y Rodríguez, 2023a). Este tipo de pensamiento se cultiva mediante aprendizajes teórico-prácticos y a través de prácticas innovadoras implementadas en el aula (Porlán et al., 2024). Para ello, se requiere una transformación en las estrategias formativas, que supere los enfoques basados en la memorización y reproducción de conocimientos, promoviendo formas de aprendizaje que estimulen la reflexión crítica y la toma de decisiones (Rodríguez et al., 2021). No obstante, Romero-Ariza et al. (2024) afirman que el PC es sensible al contexto, a los conocimientos previos, el clima del aula y a los supuestos del estudiantado, factores que pueden condicionar su capacidad para formular inferencias correctas. En esta línea, es clave el desarrollo de una FID que permita al estudiantado adquirir progresivamente estas competencias.

Particularmente en la educación en ciencias, las habilidades de pensamiento crítico (HPC) han mostrado contribuir a una mejor comprensión de los procesos científicos, por lo que constituyen un eje relevante en la FID (Cobo-Huesa et al., 2021). Este interés ha generado un campo de

estudio creciente en la didáctica de las ciencias, con investigaciones orientadas a identificar qué prácticas, temas y actividades son más eficaces para promover el PC en el aula (Bailin, 2002; Urdanivia et al., 2023). Entre ellas, destacan las que vinculan el PC con la argumentación científica, entendida como la evaluación crítica de afirmaciones a partir de evidencias (Giri y Paily, 2020), así como aquellas que subrayan su papel en la observación, exploración, identificación de problemas y toma de decisiones fundamentadas (Santos, 2017).

Más allá de esta perspectiva funcional, recientes aportes han propuesto modelos teóricos que complejizan la noción de PC y su desarrollo en contextos educativos. Según Blanco-López et al. (2017), el fomento del PC en el aula de ciencias requiere estrategias didácticas deliberadas que incluyan la formulación de dilemas, la integración de controversias sociocientíficas y el uso de la metacognición como herramienta formativa. Este enfoque ha sido ampliado por Franco-Mariscal et al. (2024), quienes proponen un modelo integrador que articula cuatro ejes interdependientes: la epistemología del pensamiento científico, las habilidades cognitivas superiores, la alfabetización crítica y la formación ética del sujeto. Dichos ejes se articulan en un marco dialógico-reflexivo que exige al profesorado un rol activo en la creación de ambientes que estimulen el juicio crítico.

Asimismo, Jiménez-Aleixandre y Puig (2022) insisten en la necesidad de desarrollar un PC epistémico, es decir, una forma de pensamiento que no se limite a evaluar evidencias, sino que cuestione también las condiciones sociales, políticas y culturales que rodean la producción de conocimiento, especialmente en una era post-verdad. En esta misma línea, Vila et al. (2023) han desarrollado una propuesta didáctica estructurada en tres fases (activación del conflicto cognitivo, construcción argumentativa y toma de decisiones basada en evidencias) que permite operacionalizar el PC en contextos escolares, vinculándolo con los procesos propios de la enseñanza de las ciencias. Estos marcos ofrecen claves para comprender cómo el PC se puede articular en la práctica más allá de su dimensión cognitiva, integrando dimensiones éticas, ciudadanas y epistemológicas.

Por otro lado, la investigación en el ámbito de la enseñanza de las ciencias ha identificado actividades que contribuyen al desarrollo y fortalecimiento de las habilidades relacionadas con el pensamiento crítico (PC) en cada área específica (Tabla 1).

Tabla 1. Contribución de la enseñanza de las ciencias en el desarrollo del PC.

Título	Autor	Actividades	Contribución	Habilidades
Supporting primary students' critical thinking in Whole-class conversations about sustainability issues.	Reffhaug et al. (2024)	Enfoques Dialógicos a través de temas de educación ambiental y sostenibilidad.	La discusión de temas socio científicos permite estimular el PC en el estudiante.	Razonamiento y argumentación.
Development of Critical Thinking in Chemistry Teaching.	Horálek y Distler (2024)	Trabajo Colaborativo. Lectura Crítica. Aprendizaje Basado en Proyectos.	La enseñanza de la Química puede abordarse con actividades que incluyan problemas disciplinares y preguntas contextualizadas, siempre que tengan el conocimiento necesario.	Argumentar, analizar, resolver problemas, evaluar, realizar hipótesis.
Critical thinking in primary science through a guided inquiry pedagogy: A semiotic perspective.	Kirk et al. (2023)	IC para la resolución de problemas desde la perspectiva multimodal.	Incorporar investigaciones de temas cotidianos que integren disciplinas y representaciones diversas, fomentando cuestionamientos y revisión de evidencias para justificar decisiones.	Razonar, resolución de problemas, evaluar, cuestionar, explicar, argumentar.
Extending science instruction beyond the CER: Use of critical questions in the argumentation of middle school science students.	Nussbaum et al. (2024)	Enseñanza Dialógica usando preguntas críticas	Las preguntas críticas permiten a los estudiantes profundizar en los contenidos de ciencias, siempre cuando estas respuestas sean discutidas por los demás estudiantes guiados por el profesor.	Argumentación, evaluación, análisis.
Critical and Creative Thinking In Science Teachers: The Moderating role of Epistemology	Varlik (2024)	Desarrollo epistemológico del conocimiento de las ciencias.	El desarrollo epistemológico del conocimiento de las ciencias permite aumentar significativamente los niveles de PC.	Ánalisis y argumentación

Nota. Fuente: elaboración propia (2024). Búsqueda base de datos WoS (diciembre 2024).

En cuanto a las metodologías, la literatura sugiere que una de las estrategias didácticas más prometedoras para el fomento del PC, además del abordaje de problemas sociocientíficos (PSC) (Pedraja et al., 2024), es la enseñanza mediante la indagación científica (IC), ya que ambas prácticas comparten características y se superponen en sus procedimientos (Pursitasari et al., 2020). Efectivamente, las prácticas de IC y las de PC poseen gran congruencia y similitudes en los tipos de habilidades que promueven, por lo cual se pueden abordar en el aula de manera articulada (Agustinasari et al., 2021). Particularmente, se ha señalado que para desarrollar el PC en el aula de ciencias es indispensable involucrar al estudiantado en actividades de indagación mediante el planteamiento de preguntas desencadenantes (Bargiela et al., 2022), permitiendo la

experimentación y la explicación de fenómenos (Lu et al., 2020). De este modo, este enfoque se consolida como uno de los más usados por su potencialidad para desarrollar diversas habilidades (Agustinasari et al., 2021; Sutiani et al., 2021). De hecho, la IC incluye los procesos científicos tradicionales, pero también refiere a la combinación de estos procesos con conocimiento y razonamiento científico, más PC para desarrollar nuevo conocimiento científico (Lederman, 2009).

De la misma manera, el PC se considera una herramienta que permite a los estudiantes mejorar y maximizar los procesos de indagación, obteniendo mejores resultados y conclusiones en el desarrollo de sus actividades de investigación (Mueller et al., 2020). Por tanto, desarrollar las competencias de indagación en la formación inicial docente (FID) requiere considerar su articulación con el estímulo del PC.

Si bien las prácticas de IC y el desarrollo del PC comparten habilidades cognitivas similares (como el análisis de evidencias, la formulación de hipótesis y la argumentación), es necesario reconocer que ambas prácticas poseen fundamentos epistemológicos y finalidades educativas diferenciadas. García-Carmona (2023) realiza una distinción relevante al señalar que, aunque el pensamiento científico y el PC comparten procesos cognitivos, el primero se orienta a la producción y validación de conocimiento científico, mientras que el segundo opera en contextos más amplios de toma de decisiones, incluyendo dimensiones éticas, sociales y políticas.

Desde una perspectiva complementaria, Vázquez y Manassero (2020) destacan que la indagación científica (IC) se centra en la lógica interna del quehacer científico, en su rigurosidad metodológica y en su aspiración a la objetividad, mientras que el PC incluye también una dimensión evaluativa que desafía supuestos, discursos de poder y valores implícitos en las prácticas humanas, incluidas las científicas. Así, mientras que la IC es fundamental para enseñar cómo se construye el conocimiento científico, el PC permite cuestionar sus usos, impactos y limitaciones, especialmente en contextos sociocientíficos.

Este enfoque más fino permite comprender que, aunque existe convergencia entre IC y PC, su abordaje didáctico exige estrategias diferenciadas: mientras que la IC puede fomentar habilidades cognitivas a través de la exploración empírica y la modelización, el PC requiere promover la deliberación, la reflexión metacognitiva y la argumentación crítica en contextos situados. Por tanto, una FID robusta en ciencias debe articular ambas dimensiones, sin reducir una a la otra, para desarrollar competencias científicas y ciudadanas en el profesorado en formación.

Por otra parte, el desarrollo del PC en educación científica no puede desligarse de una comprensión de la naturaleza de la ciencia (NdC) y del abordaje de PSC, los cuales ofrecen contextos para promover habilidades críticas y epistemológicas. Tal como señalan Puig y Jiménez-Aleixandre (2022), fomentar el PC implica ir más allá de habilidades argumentativas o analíticas: requiere formar una ciudadanía capaz de comprender cómo se construye, válida y comunica el conocimiento científico sujeto a controversias.

En este sentido, los PSC se configuran como entornos privilegiados para el desarrollo del PC, ya

que obligan al estudiantado a analizar información desde múltiples perspectivas, identificar sesgos, evaluar evidencias y tomar decisiones fundamentadas (Franco-Mariscal et al., 2024). Estos problemas requieren del profesorado una doble competencia: epistemológica, en tanto implica comprensión de la NdC, y didáctica, al demandar estrategias para gestionar controversias, incertidumbre y participación del estudiantado. Desde esta perspectiva, el PC emerge como una competencia transversal que se activa en situaciones donde el conocimiento científico se entrelaza con la dimensión humana, política y ética de la vida en sociedad.

Bajo el marco del escenario planteado, se ha emprendido esta investigación con el propósito de profundizar en la relación entre las acciones pedagógicas y el desarrollo del PC en el estudiantado. En específico, el estudio se orienta a responder: ¿Qué HPC se activan en el discurso de la FID a partir de las acciones pedagógicas implementadas por una formadora durante las clases de ciencias?

Dar respuesta a esta pregunta permitirá hacer un acercamiento a la comprensión de la manera en se configuran y manifiestan los patrones de interacción dialógica que contribuyen al desarrollo del PC en contextos reales de FID en ciencias, aportando elementos para la discusión y el enriquecimiento de las prácticas pedagógicas.

Metodología

La metodología del presente estudio se sustenta en el paradigma interpretativo, con un enfoque cualitativo y un diseño de estudio de caso. Este último se considera una estrategia valiosa para examinar y capturar la complejidad inherente a un fenómeno en profundidad, centrándose en un contexto particular y proporcionando una descripción detallada de los eventos que se desarrollan en la práctica (Stake, 2020), permitiendo analizar y comprender a fondo los elementos claves del caso (Yin, 2017). En particular, el presente estudio se centra en un caso único: una formadora de docentes en una universidad pública en Chile, cuyas prácticas se analizaron en profundidad a lo largo de seis sesiones de clase.

El estudiantado participante corresponde a futuros profesores generalistas de educación básica primaria, quienes se encontraban cursando una asignatura orientada a la enseñanza de las ciencias. Esta delimitación intencional permite explorar, desde una perspectiva densa y situada, las acciones pedagógicas que favorecen el desarrollo del PC en contextos reales de formación inicial docente. Para ello, se recurre al análisis del discurso como técnica principal de indagación (Creswell y Creswell, 2018), examinando en detalle las intervenciones de la maestra, del profesorado en formación y de las interacciones que emergen entre ambos. El diseño y los pasos metodológicos implementados han sido validados en investigaciones previas con objetivos similares (Bargiela et al., 2022).

Contexto del estudio

La investigación se desarrolló en una universidad pública del norte de Chile, en el marco de la carrera de Pedagogía en Educación Básica. El grupo participante estuvo compuesto por 30 estudiantes de cuarto semestre (de un total de ocho que conforman el plan de estudios), lo que

corresponde a la mitad del proceso formativo. El caso se situó específicamente en la asignatura obligatoria de Didáctica de las Ciencias, impartida luego de que el estudiantado hubiera cursado previamente dos seminarios de introducción a las ciencias y asignaturas de ciencias básicas. Por tanto, los y las participantes contaban con una formación científica elemental en contenidos de biología, física y química, además de una aproximación inicial a la metodología de indagación científica, pero sin experiencia sistemática en investigación educativa.

La docente formadora seleccionada se caracteriza por el uso recurrente de actividades con foco en la indagación científica y el diálogo socrático, lo que permitió observar un escenario particularmente propicio para explorar la relación entre acciones pedagógicas y habilidades de pensamiento crítico.

Por otra parte, los problemas seleccionados se eligieron por su relevancia epistemológica, su autenticidad en contextos escolares y su potencial para generar interacciones dialógicas capaces de movilizar habilidades de pensamiento crítico.

Toma de datos

La información fue recopilada mediante la grabación de seis sesiones de clase, la observación no participante, notas de campo, fotografías de aula y registro de los materiales utilizados. Además, se mantuvieron conversaciones informales con el estudiantado y la docente. No obstante, para efectos del presente artículo, el análisis se focalizó en las transcripciones de las sesiones de clase y las interacciones verbales entre docente y estudiantes, mientras que las notas de campo, fotografías y conversaciones informales fueron utilizadas como elementos de contextualización y validación interpretativa, no como unidades de análisis primario. Cada sesión tuvo una duración máxima de 90 minutos.

Análisis

El enfoque del análisis se basó en el discurso entablado entre el estudiantado y la maestra, o derivado precisamente de las interacciones entre ellos. Las seis sesiones fueron transcritas de manera verbatim, es decir, de forma literal, anonimizando los nombres y segmentando en turnos de habla (docente–estudiante) y unidades de significado (pregunta, afirmación, justificación). Se transcribieron y relataron de forma extensa y detallada las seis grabaciones. Posteriormente, se realizó una relectura para identificar las acciones pedagógicas claves, es decir, aquellos momentos de la experiencia de enseñanza-aprendizaje que permiten describir cómo cada actividad del docente demanda acciones específicas por parte del estudiantado y viceversa (Morales et al., 2022).

La información recopilada fue analizada mediante técnicas de clasificación abierta, que permitieron identificar patrones significativos (Creswell y Creswell, 2018). Para precisar la relación entre acciones pedagógicas y habilidades de pensamiento crítico (HPC), se siguió un procedimiento de triangulación: (a) identificación de la acción docente (ej. formulación de preguntas abiertas, modelado de escepticismo, retroalimentación socrática); (b) análisis del

enunciado estudiantil inmediato como evidencia de la habilidad crítica puesta en juego; y (c) validación por comparación con notas de campo y discusiones entre investigadores.

El procesamiento de la información recabada se llevó a cabo con el apoyo del software NVivo 14 Plus para Mac, obteniendo la construcción de categorías de análisis temático (Miles et al., 2018). Una vez identificadas las HPC expresadas o inferidas por el estudiantado, se determinó si existía convergencia con las acciones realizadas por la maestra. El marco conceptual del análisis utilizado para la codificación de los enunciados se basó en las HPC propuestas por Facione (1990; Figura 1).

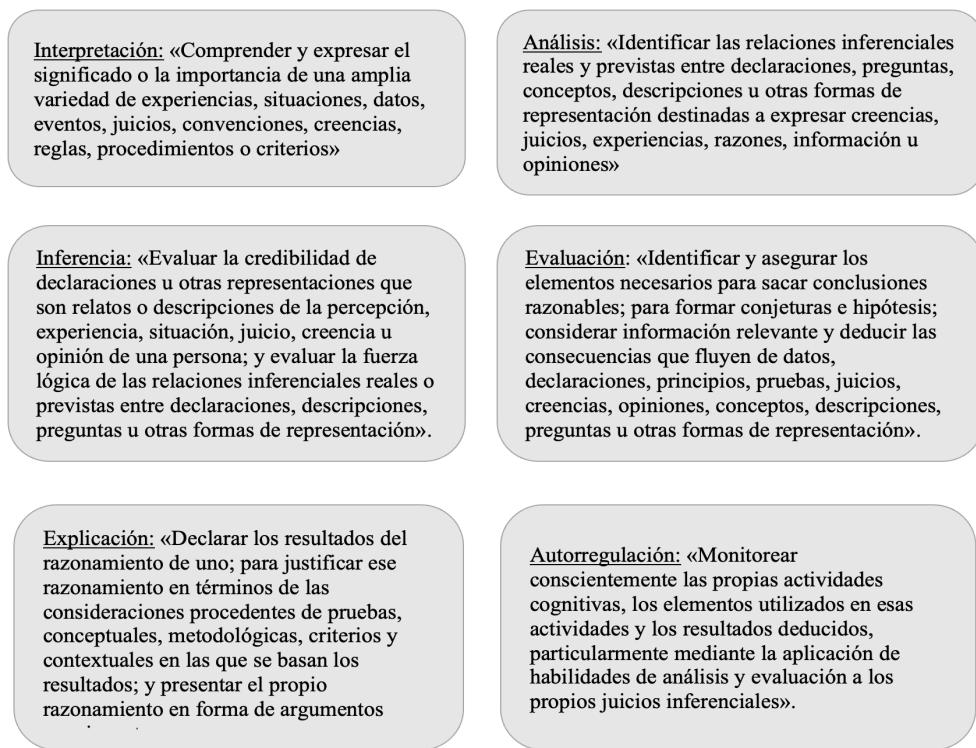


Figura 1. Definición de HPC. Facione (1990, pp. 16-22).

Por ejemplo, cuando la maestra preguntó: «*¿Qué creen que pasaría si en vez de tapar la botella con la tapa uso la mano?*» (sesión 4), los estudiantes respondieron: «*Escurre igual*»; «*El aire ejerce fuerza sobre el agua*». Este intercambio fue codificado como una acción pedagógica de problematización que activó habilidades de inferencia y explicación. De manera similar, en la sesión sobre huellas dactilares, la pregunta: «*¿Creen ustedes que tenemos todos las mismas huellas dactilares?*» promovió respuestas como: «*No, porque tienen identidades diferentes en el registro civil*», codificadas como inferencia y análisis.

Posterior a la interpretación individual, los autores aunaron, refinaron y finalizaron la discusión en conjunto.

Si bien Facione (1990) conceptualiza el PC compuesto por habilidades cognitivas y disposiciones, en el presente estudio se ha optado por analizar únicamente las habilidades, entendidas como manifestaciones observables en el discurso del estudiantado. Esta decisión metodológica se basa en el carácter eminentemente discursivo y conductual de los datos recogidos (transcripciones de clases), lo que permite inferir con mayor claridad la presencia de HPC como inferencia, análisis o explicación. En cambio, las disposiciones requieren de otros instrumentos complementarios que permitan acceder a la actitud, la motivación o la disposición interna hacia el PC, elementos que exceden el alcance de esta investigación.

Resultados

En efecto, en cada sesión se detectaron acciones pedagógicas que promueven HPC en el estudiantado. Las Tablas 2, 3 y 4 y 5 presentan una síntesis del desarrollo de cada una de las seis sesiones analizadas. A su vez, las tablas mencionadas indican las HPC promovidas por la intervención docente, seguidas de algunos ejemplos de estas intervenciones y su frecuencia. Adicionalmente, exemplifican algunas de las HPC inferidas por el estudiantado, junto con la frecuencia de habilidades que el mismo estudiantado articula.

La sesión 1 (Tabla 2) se centró en la comprensión de aspectos de la naturaleza de las ciencias a partir del desarrollo de la actividad «helicópteros» (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998; Lederman y Lederman, 2004). En primer lugar, el estudiantado recibe el artefacto, que construye con papel siguiendo instrucciones para lanzarlo. Posteriormente, lo hacen volar y efectúan observaciones sobre el comportamiento del helicóptero al caer. Durante una discusión abierta, la maestra preguntó qué pudo haber influido en la caída, ante lo cual los estudiantes mencionaron variables como el tipo de papel, tamaño del helicóptero, altura del lanzamiento. Luego, la maestra preguntó si lo que hicieron fue una investigación científica. Posteriormente, los estudiantes recibieron un juego de helicópteros de diferentes tamaños y, en grupo, diseñaron una investigación determinando la pregunta de investigación, el procedimiento, las conclusiones y compartieron sus hallazgos.

Tabla 2. Síntesis de la sesión 1; ejemplos de intervención docente, HPC inferidas por el estudiantado y su frecuencia. (n=28 estudiantes participantes).

HPC promovidas	Ejemplo de intervención docente	fD	Ejemplo de HPC inferidas por el estudiantado	fE/EP
Inferencia	«¿Crean que lo que acabamos de hacer podría ser considerado una investigación científica?»	24	«Es una parte de la investigación científica, pero no es la investigación científica en sí hacer experimentos porque sí»	37/26
	«¿Qué creen que sucederá si suelto el helicóptero?»		«Va a girar mientras cae» «Va a planear» «Cayó más rápido» «El aire lo frena»	
Análisis	«¿Qué ocurrió cuando pusieron el clip?»	23	«Las hélices se juntaron»	25/25
	«¿La masa influyó en la caída?»		«Hubo menos giros por tener más masa» «Cayó más rápido»	
Explicación	«¿Por qué no es una investigación científica?»	13	«Esto puede ser un sujeto para investigación científica, podríamos hacer hipótesis de por qué se produjo esta caída y por qué se tornó en un sentido, pero si lanzara un balón y lo dejara caer nada más no estoy haciendo una investigación científica»	15/13
	«¿Cómo calcularon la velocidad del giro?»		«Sí, nos preguntamos qué va a pasar si caía» Medimos el tiempo que dura en caer»	
Autorregulación	«¿Seguro consideraron las variables control?»	9	«Nos percatamos del viento del ventilador, entonces volvimos a repetir»	7/5
	«Recuerden asegurarse que su pregunta sea investigable»		«Estamos calculando el tiempo de caída, no la velocidad, hay que corregir la pregunta»	
Interpretación	«¿Seguro que es posible concluir con un único lanzamiento?»	16	«El aire hace que baje despacio el helicóptero	20/19
	«¿Qué quiere decir Mati cuando dice que se ralentiza la caída?»		«Que hay resistencia del aire» «El más grande tiene más superficie para atrapar el aire»	

Nota. Frecuencia de HPC promovidas por la intervención docente (fD); Frecuencia de HPC que el estudiantado articula (fE); Estudiantes participantes (EP).

Las sesiones 2 y 3 (Tabla 3) tuvieron como objetivo fomentar la comprensión de la naturaleza de las ciencias y la IC a partir de la actividad «huellas dactilares» (Lederman y Abd-El-Khalick, 1998; Lederman y Lederman, 2004). En la sesión 2, la maestra pregunta sobre las funciones de las huellas dactilares y si todos tenemos las mismas huellas. Luego, se indica un procedimiento para recolectar las huellas de los integrantes de la clase con el fin de identificar patrones generales. La maestra inicia preguntando: «¿Cuál es la huella dominante en el pulgar derecho?»

y los estudiantes registran sus predicciones. Usando el procedimiento indicado, recolectan las huellas de sus pulgares y luego comparan sus predicciones. Posteriormente, recolectan las huellas del resto de sus dedos. Los estudiantes llegan a conclusiones basadas en evidencia mediante la recopilación de datos empíricos. Finalmente, la maestra pregunta cuáles de los aspectos de la naturaleza de la ciencia y de la IC pudieron identificar. En la siguiente clase (sesión 3), discuten un artículo de investigación sobre huellas dactilares y comparan sus resultados con los que reporta el documento publicado.

Tabla 3. Síntesis de las sesiones 2 y 3; ejemplos de intervención docente, HPC inferidas por el estudiantado y su frecuencia. (n=30 estudiantes participantes).

HPC promovidas	Ejemplo de intervención docente	fD	Ejemplo de HPC inferidas por el estudiantado	fE/EP
Interpretación	«¿Qué quieren decir los autores cuando afirman que, en general, los resultados muestran la vinculación de los tipos de patrones de huellas digitales, el origen étnico y el dedo en el que se producen?»	8	«Hay una relación entre el origen y el tipo de huellas.»	11/11
	«¿Qué quieren decir cuando recomiendan estudios de validación adicionales?»		«Que hacen falta más estudios para estar seguros»	
Análisis	«Tenemos el mismo patrón, parece»	10	«Por la zona, porque somos de Arica «¡Yo tengo el mismo patrón, profe!, y no soy chileno, soy argentino...»	25/23
Inferencia	«¿Crean ustedes que tenemos todos las mismas huellas dactilares?»	24	«No, porque tienen identidades diferentes en el registro civil»	28/28
	«¿Crean ustedes que tenemos patrones de huellas?»		«Estamos emparentados»	
Explicación	«Expliquen las razones del por qué los datos son o no generalizables»	9	«Encontramos dos patrones dominantes, pero no medimos los de todos» «Porque hacen falta más falta más estudios»	28/26
Autorregulación	«Pero habían dicho que no es posible hacer generalizaciones, ¿cambiaron de opinión porque yo dije lo contrario?»	6	«Pero si somos 8 mil millones de personas en el mundo, no se puede generalizar con 5.000 no más»	5/3
	«¿Cómo lo conseguimos?»		«Sí, pero tú no puedes medir las huellas de todo el mundo»	
	«¿Los datos son la respuesta?»		«Cierto, pero pienso que igual sigue siendo poco, aunque creía que provenían los resultados de una misma zona y son varias»	

Nota. Frecuencia de HPC promovidas por la intervención docente (fD); Frecuencia de HPC que el estudiantado articula (fE); Estudiantes participantes (EP).

Durante la sesión 4 (Tabla 4), la maestra ilustra los conceptos de presión atmosférica y tensión superficial mediante la clásica demostración del experimento de la botella con un agujero en el interior.

En principio, los estudiantes realizan predicciones y se asombran al observar cómo influye en el flujo de agua a través del agujero desenroscar el tapón, volver a tapar la botella, etc. Posterior a la observación del fenómeno, los futuros docentes desarrollan un modelo explicativo del fenómeno que luego socializan y mejoran de forma grupal.

Tabla 4. Síntesis de la sesión 4; ejemplos de intervención docente, HPC inferidas por el estudiantado y su frecuencia. (n=20 estudiantes participantes).

HPC promovidas	Ejemplo de intervención docente	fD	Ejemplo de HPC inferidas por el estudiantado	fE/EP
Interpretación	«Esas preguntas no sirven para activar el pensamiento de los niños. Lo importante, más que memorizar, es que comprendan el fenómeno, así, el concepto viene por la necesidad de comprensión. «¿Cómo se interpreta esto?»	9	«Es más importante hacer pensar a los niños» «Mostrar el fenómeno primero»	11/11
Análisis	«¿Dónde hay más presión?, en Arica a 0 m.s.n.m o en el lago Chungará, a 5.000?»	9	«Aquí — refiriéndose a Arica— Hay más oxígeno, entonces la presión sobre la persona es mayor»	12/11
Inferencia	«¿Qué creen que pasaría si en vez de tapar la botella con la tapa uso la mano?» «¿Si le abrimos dos huecos más arriba?»	10	«Escurre igual» «El aire ejerce fuerza sobre el agua»	15/15
Autorregulación	«Qué elementos te faltó considerar en el modelo?» «¿Cómo puedes mejorarla?» «¿Seguro qué llega más lejos el agua?»	11	«Me olvidé del aire dentro de la botella» «Necesito entender bien para poder dibujarlo»	6/5
Explicación	«¿Cómo que el aire empuja?» «Hay que explicar el modelo que hicieron a cada grupo»	7	«El viento cuando se lleva las cosas hace una fuerza con su masa»	18/17

Nota. Frecuencia de HPC promovidas por la intervención docente (fD); Frecuencia de HPC que el estudiantado articula (fE); Estudiantes participantes (EP).

Las sesiones 5 y 6 (Tabla 5) tuvieron como objetivo que el estudiantado debatiera sobre el caso de William Beaumont y su controvertido estudio del estómago, analizando los aspectos metodológicos, sociales y éticos del estudio. Discutieron la pregunta que Beaumont quería responder sobre la digestión, su importancia en la época y el diseño de su investigación, que implicaba observar la digestión a través de un tiro en el abdomen de Alexis St. Martin, un joven comerciante quien, en 1822, acabó convirtiéndose en el laboratorio vivo de Beaumont. La

docente proporciona posibles datos de los resultados obtenidos por Beaumont, a partir de los cuales los estudiantes realizan análisis y formulan posibles conclusiones. Infieren las posibles preguntas que se hizo el investigador, el procedimiento que pudo haber seguido y sus hallazgos sobre la digestión. Reflexionan sobre cómo sus métodos ilustran que la ciencia es una construcción humana, conectando con la emocionalidad y entendiendo la ciencia como un proceso. Además, revisan las conclusiones de Beaumont y las nuevas preguntas que surgieron de su investigación.

Tabla 5. Síntesis de las sesiones 5 y 6; ejemplos de intervención docente, HPC inferidas por el estudiantado y su frecuencia (n=20 estudiantes participantes).

HPC promovidas	Ejemplo de intervención docente	fD	Ejemplo de HPC inferidas por el estudiantado	fE/EP
Análisis	«¿Cuáles eran las ideas de la época respecto del tema?»	2	«Para esa época la palabra y el honor valían más que ahora, por eso él accedió y Alexis se sentía comprometido porque le salvó la vida»	16/12
Inferencia	«¿Qué datos pudo haber recolectado?» «Qué podría haber pensado Beaumont cuando recibe ese paciente» «Ok, haciendo énfasis en lo metodológico, ¿qué pregunta de investigación creen ustedes quería responder?» «¿Qué pudo haber hecho Beaumont para responder su pregunta?» «Inferir el posible diseño de su investigación»	5	«Que no funciona igual un cadáver que una persona viva» «Pesó la carne que metía con el palito dentro de la fistula y si salía luego de un tiempo con menos masa entonces se perdió adentro una parte»	12/10
Explicación	«¿Qué hizo el investigador para responder su pregunta?» «Expliquen el diseño de su investigación.»	5	«Él tuvo que haber sacado pedazos cada día o por semanas para ver los cambios como el color o la forma de la carne»	28/17
Autorregulación	«Los que estaban de acuerdo con que lo que hizo el investigador era correcto, ¿cambiaron de opinión?» «¿En qué momento cambiaste de opinión?» «Debemos despojarnos de nuestras propias creencias para interpretar mejor los datos»	9	«Me hizo sentido lo que dijeron mis compañeros porque no pensé en si hubo un acuerdo establecido» «No estoy de acuerdo, pero si la persona firma un contrato, diría que sí y ahí cambiaría de opinión»	12/10

Nota. Frecuencia de HPC promovidas por la intervención docente (fD); Frecuencia de HPC que el estudiantado articula (fE); Estudiantes participantes (EP).

El diálogo socrático predominó, proporcionando retroalimentación, recogiendo las ideas del estudiantado y planteando constantemente preguntas esenciales.

A su vez, a favor de la promoción de HPC, se detecta que a lo largo de las sesiones se encontraron acciones que modelan una actitud escéptica. La maestra induce a poner en duda diversos hechos o situaciones, exigiendo pruebas o demostraciones como evidencia, y cuestionando constantemente la veracidad de las afirmaciones que carecen de pruebas empíricas suficientes. Así pues, se detecta que los estudiantes suelen “imitar” esa misma actitud, poniendo como ejemplo incluso la actitud de la docente.

Docente (D): Observen este recipiente, es de plástico y tiene un líquido adentro. ¿Se tomarían este líquido?

Estudiante (E): Sí, es agua.

D: ¿Cómo estás seguro de que es agua?

E: Porque es transparente.

D: Pero el alcohol también es transparente. El alcohol, al igual que el agua, es incoloro. Entonces, yo no estaría segura de afirmar que es agua sin antes olerla, por ejemplo...

E: Hay que comprobarlo. Como dice la profe, siempre hay que dudar; hay que ponerlo en la balanza para ver si perdió masa. No lo podemos dar por hecho así no más (sesión 4).

Se observa una marcada primacía de la intervención del estudiantado, salvo en la primera sesión donde la docente debió entregar instrucciones más detalladas para orientar la actividad. Al analizar el desglose por habilidades (Tabla 6), se aprecia que esta participación no fue homogénea, sino que varió según el tipo de situación y la demanda cognitiva: en las primeras sesiones predominaron la interpretación, la inferencia y el análisis, mientras que en las últimas emergieron con mayor fuerza la explicación y la autorregulación. En todas las sesiones, el trabajo se desarrolló en grupos o en círculo ampliado, lo que favoreció interacciones dialógicas y la construcción colectiva de sentido.

Tabla 6. Frecuencia de HPC promovidas y articuladas por sesión.

Sesión	Interpretación	Inferencia	Análisis	Explicación	Autorregulación	Total de intervenciones
1- Helicópteros	20/19	37/26	25/25	15/13	7/5	132 (E)/135 (D)
2-3. Huellas	11/11	28/28	25/23	28/26	5/3	106 (E)/76 (D)
4. Botella	11/11	15/15	12/11	18/17	6/5	72 (E)/68(D)
5-6. Beaumont	16/12	12/10	28/17	12/10	10/9	90 (E)/26(D)

Nota. F La primera cifra corresponde a la frecuencia de HPC articuladas por el estudiantado y la segunda a las promovidas por la intervención docente.

En paralelo, en todas las sesiones, se detectan acciones tanto implícitas como explícitas dirigidas al reconocimiento de la naturaleza de la ciencia. Un ejemplo de ello se encuentra en la sesión 5.

D: ¿Cuáles eran las ideas de la época respecto del tema?

D: El factor cultural jugó a favor, según eso. En el conocimiento científico siempre influyen los factores culturales, sociales y económicos. Recordemos que la sociedad controla la ciencia a través de la asignación de recursos...

E: Sí, pienso que la lealtad era más importante que ahora. Además, el tiempo en que sucedió fue propicio para la investigación, porque el pueblo en aquel entonces no impidió la investigación. Ahora hay derechos humanos (sesión 5).

Finalmente, se detecta que es recurrente la utilización de refuerzos sociales hacia los estudiantes para motivar positivamente su participación, limitando el temor al señalamiento por equivocación y procurando un buen clima en el aula. No se detectó la presencia de juicios positivos o negativos ante las afirmaciones correctas e incorrectas. Sin embargo, si fueron reiterativas las indicaciones sobre la importancia de remitirse a los datos.

D: Me encanta este grupo, porque siempre quieren opinar. Son muy inteligentes.

D: Para promover las competencias de pensamiento científico en los niños, primero debemos desarrollarlas en nosotros, y ustedes son muy capaces, de eso no me quedan dudas.

E: ¡Habrá que probarlo profe, como dice usted!

D: ¡Eso sí! -contesta la docente y todos en la clase ríen-

—
D: Estoy de acuerdo con la segunda parte de tu argumento, con lo resuelto al final. Lo primero no logro entenderlo, explícame lo con más detalle por fa.

...
D: Explícale mejor tú; pienso que puedes hacerte entender mejor que yo -atendiendo la duda de otro estudiante-. Explica por qué hay menor presión en Visviri a 4.100 m.s.n.m. que en Arica a 0 m.s.n.m.

...
D: ¿Cómo podríamos complementar su explicación? (sesión 4).

Discusión

Efectivamente, y similar a la contribución de Horálek y Distler (2024), las actividades desarrolladas, han evidenciado la activación de HPC. En la sesión sobre las huellas dactilares (tabla 3), las preguntas formuladas por la maestra (e.g., «¿Creen ustedes que tenemos todos las mismas huellas dactilares?») permitieron que el estudiantado ejercitara habilidades de inferencia y análisis, como se evidencia en sus respuestas al identificar patrones o evaluar la credibilidad de las afirmaciones. La alta frecuencia de respuestas muestra que el estudiantado no solo participó activamente, sino que también estimuló habilidades críticas al reflexionar sobre la validez y generalización de los datos. En cambio, en la sesión sobre presión atmosférica (tabla 4), las invenciones de la maestra para guiar la observación del experimento (e.g., «¿Dónde hay más presión?») generaron un mayor número de respuestas relacionadas con las habilidades de análisis y explicación.

En efecto, la interacción activa entre maestra y estudiantes se refleja en altas frecuencias de respuestas estudiantiles en todas las sesiones, particularmente en habilidades de inferencia y

análisis. Sin embargo, salvo en el caso de la actividad sobre William Beaumont (tabla 5), donde las preguntas de carácter ético y metodológico promovieron reflexiones más profundas (e.g., «¿En qué momento cambiaste de opinión?»), la autorregulación (habilidad que exige un mayor nivel de reflexión metacognitiva) aparece con menor frecuencia en la mayoría de las sesiones, incluso en la sesión 4, donde a pesar de los esfuerzos de la docente no se alcanzaron los niveles de respuesta esperados. Este hallazgo sugiere que la activación de la autorregulación requiere no solo acciones pedagógicas más intencionadas y sostenidas, sino también que el estudiantado disponga de los conocimientos científicos necesarios para dotar de sentido a sus procesos metacognitivos. En ausencia de estos saberes disciplinares, las habilidades de regulación y autorreflexión difícilmente pueden desarrollarse de manera eficaz, lo que refuerza la idea de que la construcción de pensamiento crítico depende de la interacción entre estrategias docentes y dominio conceptual del contenido científico.

Por otra parte, merece la pena discutir sobre la interacción permanente entre la maestra y el estudiantado. Tras el conteo total de intervenciones, es posible evidenciar que las intervenciones estudiantiles fueron predominantes (tabla 7). Estas interacciones están mediadas, mayoritariamente, por cuestionamientos realizados por la maestra que buscan tensionar la discusión motivando a responder preguntas abiertas. En todas las sesiones, el uso del diálogo socrático y de preguntas abiertas, como «¿qué?, ¿por qué? y ¿cómo?», fue el eje de la interacción dialógica (figura 2), incentivando a complejizar las respuestas. Esto resulta ser beneficioso pues usualmente se utiliza para solicitar explicaciones y promover el diálogo socrático (Reffhaug et al., 2024).

En este mismo sentido, Kirk et al., (2023) evidencian que las preguntas del profesorado son clave para que los estudiantes realicen procesos de evaluación, análisis y argumentación, todas habilidades de PC. Esto también concuerda con las investigaciones realizadas por Bargiela et al. (2022), Nussbaum et al. (2024) y Varlik (2024), quienes han dado crédito a la pregunta como pieza fundamental, estableciendo una relación entre el tipo de pregunta y el nivel de PC que se puede desarrollar.

Un hallazgo interesante, como acción pedagógica, es el modelamiento de la actitud escéptica que adopta la maestra (e.g., sesión 4). Se evidencia que esta acción de “escepticismo pedagógico” eventualmente permite reproducir actitudes críticas por parte del estudiantado, un ejercicio potencialmente favorable para estimular el PC, tal como lo señalan Herrera (2024) y Varlik (2024). Este efecto podría encontrar explicación en lo planteado por Morales et al. (2022), quienes describen que, en la enseñanza de las ciencias, cada intervención docente o momento pedagógico desencadena y demanda determinada respuesta del estudiantado y viceversa.

Desde un punto de vista práctico, los hallazgos sugieren que las metodologías activas como la enseñanza mediante la IC y el diálogo socrático pueden favorecer la activación del PC, tal como lo reportan Pursitasari et al. (2020) y Wale y Bishaw (2020). Similar a los hallazgos de Pedraja et al. (2024) quienes encontraron que el abordaje de cuestiones sociocientíficas e históricas científicas son actividades propicias para tal fin. Por otro lado, desde una perspectiva teórica,

este estudio reafirma la conexión intrínseca entre el PC y la educación en ciencias. En este contexto, la inclusión de aspectos relacionados con la naturaleza de la ciencia se reconoce como una acción pedagógica indispensable para fomentar habilidades críticas, elementos fundamentales en el actuar del docente de ciencias y cruciales en su formación (Quintanilla y Adúriz-Bravo, 2022).

Si bien los hallazgos ofrecen una visión detallada sobre las acciones pedagógicas que estimulan habilidades de PC en el aula de ciencias, es importante señalar que el estudio se basa en un único caso. Esta característica, propia de los estudios cualitativos de corte interpretativo, implica que los resultados no son generalizables en sentido estadístico, sino transferibles a contextos análogos, bajo criterios de pertinencia contextual y resonancia con otras experiencias formativas. En esa línea, futuros estudios podrían incorporar múltiples casos o enfoques comparativos que permitan identificar patrones comunes o divergentes en distintos escenarios de FID.

Conclusiones

Este estudio constituye un acercamiento para comprender cómo determinadas acciones pedagógicas implementadas por una formadora de docentes durante clases de ciencias pueden favorecer la activación de HPC en el discurso del profesorado en la FID. Desde una mirada situada, los hallazgos permiten vislumbrar el potencial de ciertas estrategias, particularmente aquellas asociadas al uso de metodologías activas, como la IC, y al establecimiento de un clima de aula participativo y reflexivo.

Entre las acciones observadas, destaca la formulación de preguntas abiertas y desafiantes que propician procesos como la inferencia, el análisis y la explicación, así como el modelamiento de una actitud escéptica por parte de la docente. Esta actitud, expresada a través del cuestionamiento permanente y la búsqueda de evidencia, parece ser replicada por el estudiantado, sugiriendo que ciertas disposiciones críticas pueden cultivarse mediante la práctica pedagógica cotidiana. El uso del diálogo socrático emergió como una estrategia clave en este proceso, al fomentar interacciones dialógicas genuinas y promover una participación activa, respetuosa y centrada en la construcción colectiva de sentido.

Asimismo, se identificaron momentos en los que se incorporaron elementos de la NdC, los cuales ofrecieron al estudiantado la posibilidad de comprender la ciencia más allá de sus contenidos, reconociendo su carácter tentativo, contextual y éticamente situado. Estas oportunidades pedagógicas, aunque puntuales, abren posibilidades interesantes para seguir explorando cómo la NdC puede constituirse en un recurso didáctico para el desarrollo del PC en la FID.

Si bien los resultados no permiten establecer generalizaciones, sí ofrecen un escenario valioso que arroja pistas sobre cómo se puede estimular el PC en contextos reales de formación. En particular, este estudio sugiere que la combinación de preguntas de alta demanda cognitiva, ambientes de aula dialógicos, y una actitud docente abierta al cuestionamiento, puede contribuir a la emergencia de habilidades cognitivas complejas en el discurso del futuro profesorado.

No obstante, y precisamente a la luz de los hallazgos, se reafirma que el PC es una competencia profundamente contextual, moldeada por factores como el clima de aula, los conocimientos previos del estudiantado y sus disposiciones personales. En este sentido, los resultados de este estudio deben entenderse como una contribución situada y parcial, que no busca ofrecer respuestas concluyentes, sino más bien abrir nuevas preguntas, suscitar escenarios de reflexión pedagógica y destacar la importancia de seguir ampliando nuestra comprensión sobre el PC en la FID, así como de diversificar y fortalecer las estrategias didácticas que lo promuevan de manera efectiva en este contexto.

Finalmente, los autores subrayan la importancia de la incorporación explícita del PC en los programas de formación del profesorado de primaria. Además, invitan a reflexionar e investigar sobre los efectos del clima de aula o los refuerzos sociales en el desarrollo del PC. En este mismo sentido, considerando el desarrollo de las sesiones analizadas, parece esencial la gestión de acciones pedagógicas dirigidas a generar un clima de confianza caracterizado por el respeto y la valoración de las ideas del conjunto (e.g., sesión 4). En cualquier caso, nuestro conocimiento sobre la manera en que se fomenta el PC en la FID es muy limitado, por lo que la investigación futura podría explorar este fenómeno en diferentes contextos y mediante enfoques longitudinales. Asimismo, futuros estudios deberían profundizar en la articulación entre los modelos teóricos y las prácticas docentes en formación inicial.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo recibido por ANID a través de los proyectos Fondecyt N°1210542 y 11241075 y la Beca ANID Doctorado Nacional REX: 1202/2024 y al Proyecto UTA Mayor N° 0.190/2023-Código 5743-23

Declaración de autoría

Conceptualización: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; metodología: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; validación: L.P.R. y K.A.G.; análisis formal: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; investigación: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; recursos: L.P.R. y K.A.G.; gestión de datos: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; redacción - preparación del borrador original: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; redacción - revisión y edición: L.P.R., K.A.G. y C.R.C.; supervisión: L.P.R. y K.A.G.; administración del proyecto: L.P.R. Todos los autores han leído y aprobado la versión publicada del manuscrito.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2023). Concepciones de enseñanza sobre la naturaleza de la ciencia: obstáculos epistemológicos que aparecen en el profesorado de ciencias. *Revista Internacional de Pesquisa em Didática das Ciencias e Matemática*, 4. <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/revin/article/view/872>
- Agustinasari, A., Susilawati, E., Yulianci, S., Fiqry, R. y Gunawan, G. (2021). The implementation of inquiry by using local potential to improve critical thinking skills in BIMA. *Journal of Physics Conference Series*, 1933(1), 012078. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1933/1/012078>

- Bailin, S. (2002). Critical thinking and science education. *Science & Education*, 11(4), 361–375. <https://doi.org/10.1023/a:1016042608621>
- Bargiela, I. M., Anaya, P. B. y Puig, B. (2022). Las preguntas para la indagación y activación de pensamiento crítico en educación infantil. *Enseñanza de las Ciencias*, 40(3), 11–28. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5470>
- Bellaera, L., Weinstein-Jones, Y., Ilie, S. y Baker, S. T. (2021). Critical thinking in practice: The priorities and practices of instructors teaching in higher education. *Thinking Skills and Creativity*, 41, 100856. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100856>
- Bernal-Herrera, P., Cano-Iglesias, M. J., Franco-Mariscal, A. J. y Blanco-López, Á. (2023). Impacto de un debate sociocientífico en las habilidades argumentativas y en la toma de decisiones del profesorado de secundaria en formación inicial. *Enseñanza de las Ciencias*, 41(3), 113–132. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5861>
- Bezanilla, M. J., Galindo-Domínguez, H. y Poblete, M. (2021). Importance of teaching critical thinking in higher education and existing difficulties according to teacher's views. *Multidisciplinary Journal of Educational Research*, 11(1), 20–48. <https://doi.org/10.447/remie.2021.6159>
- Blanco-López, A., España-Ramos, E. y Franco-Mariscal, A. J. (2017). Estrategias didácticas para el desarrollo del pensamiento crítico en el aula de ciencias [Teaching strategies for the development of critical thinking in the teaching of science]. *Ápice, Revista de Educación Científica*, 1(1), 107–115. <https://doi.org/10.17979/arec.2017.1.1.2004>
- Caño, L., Sanz, J. y Gómez, M. (2024). Las preguntas y estrategias dialógicas de la docente para guiar la indagación en primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(2), 67–86. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6017>
- Çavuş, E., İdil, Ş. y Dönmez, İ. (2025). Effects of a design-based research approach on fourth-grade students' critical thinking, problem-solving skills, computational thinking, and creativity self-efficacy. *International Journal of Technology and Design Education*, 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10798-025-09989-8>
- Celik, S. (2021). Teacher education program supporting critical thinking skills: A case of primary school teachers. *Revista Amazonia Investiga*, 10(41), 188–198. <https://doi.org/10.34069/AI/2021.41.05.19>
- Cobo-Huesa, C., Abril, A. M. y Ariza, M. R. (2021). Investigación basada en el diseño en la formación inicial de docentes para una enseñanza integrada de la naturaleza de la ciencia y el pensamiento crítico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(3), 3801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i3.3801
- Creswell, J. W. y Creswell, J. D. (2018). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches*. Sage.

- Facione, P. A. (1990). *Executive summary of critical thinking: A statement of expert consensus for purposes of educational assessment and instruction*. California Academic Press.
- Facione, P. (2023). *Critical thinking: What it is and why it counts*. Insight Assessment. <https://insightassessment.com/iaresource/critical-thinking-what-it-is-and-why-it-counts/>
- Franco-Mariscal, A. J., Cano-Iglesias, M. J., España-Ramos, E. y Blanco-López, A. (2024). Theoretical perspectives and approaches for the development of critical thinking. En A. J. Franco-Mariscal (Ed.), *Critical thinking in science education and teacher training* (pp. 3–42). Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-031-78578-8>
- García-Carmona, A. (2023). Scientific thinking and critical thinking in science education. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00460-5>
- Giri, V. y Paily, M. U. (2020). Effect of scientific argumentation on the development of critical thinking. *Science & Education*, 29(3), 673–690. <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00120-y>
- Herrera, E. (2024). Reflexión crítica en formación inicial: caracterización de trayectorias al diseñar secuencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(2), 87–107. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6023>
- Horálek, V. y Distler, P. (2024). Development of critical thinking in chemistry teaching. *Chemické Listy*, 118(9), 478–483. <https://doi.org/10.54779/chl20240478>
- Jiménez-Aleixandre, M. P. y Puig, B. (2022). Educating critical citizens to face post-truth: The time is now. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Critical thinking in biology and environmental education. Facing challenges in a post-truth world* (pp. 3–19). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-92006-7>
- Kirk, M., Tytler, R. y White, P. (2023). Critical thinking in primary science through a guided inquiry pedagogy: A semiotic perspective. *Teachers and Teaching*, 29(6), 615–637. <https://doi.org/10.1080/13540602.2023.2191181>
- Lederman, J. S. (2009). *Teaching scientific inquiry*. National Geographic Society.
- Lederman, N. y Abd-El-Khalick, F. (1998). Avoiding de-natured science: Activities that promote understandings of the nature of science. En *The nature of science in science education: Rationales and strategies* (pp. 83–126). Springer Netherlands.
- Lederman, N. G. y Lederman, J. S. (2004). Project ICAN: A professional development project to promote teachers' and students' knowledge of nature of science and scientific enquiry. 11º Conferencia Anual de SAARMSTE, Cape Town, South Africa.
- Lu, Y., Lin, H., Smith, T. J., Hong, Z. y Hsu, W. (2020). The effects of critique-driven inquiry intervention on students' critical thinking and scientific inquiry competency. *Journal of Baltic Science Education*, 19(6), 954–971. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.954>

- Lun, V. M. C., Yeung, J. C. y Ku, K. Y. L. (2023). Effects of mood on critical thinking. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101247. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101247>
- Mahdi, O. R., Nassar, I. A. y Al Musalmani, H. A. I. (2020). The role of using case studies method in improving students' critical thinking skills in higher education. *International Journal of Higher Education*, 9(2), 297–308. <https://doi.org/10.5430/ijhe.v9n2p297>
- Marangio, K., Carpendale, J., Cooper, R. y Mansfield, J. (2024). Supporting the development of science pre-service teachers' creativity and critical thinking in secondary science initial teacher education. *Research in Science Education*, 54, 65–81. <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10104-x>
- Miles, M. B., Huberman, A. M. y Saldaña, J. (2018). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook*. Sage Publications. <https://us.sagepub.com/en-us/nam/qualitative-data-analysis/book246128>
- Morales, M., Acosta, K. y Rodríguez, C. (2022). El rol docente y la indagación científica: análisis de una experiencia sobre plagas en una escuela vulnerable de Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(2), 1–20. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i2.2201
- Mueller, J. F., Taylor, H. K., Brakke, K., Drysdale, M., Kelly, K., Levine, G. M. y Ronquillo-Adachi, J. (2020). Assessment of scientific inquiry and critical thinking: Measuring APA Goal 2 student learning outcomes. *Teaching of Psychology*, 47(4), 274–284. <https://doi.org/10.1177/0098628320945114>
- Núñez, L., Gallardo, D., Aliaga, A. y Díaz, J. (2020). Estrategias didácticas en el desarrollo del pensamiento crítico en estudiantes de educación básica. *Revista Eleuthera*, 22(2), 31–50. <https://doi.org/10.17151/eleu.2020.22.2.3>
- Nussbaum, E. M., Van Winkle, M. S., Tian, L., Putney, L. G., Huerta, M., Perera, H. N., Dove, I. J., Herrera, A. N. y Carroll, K. R. (2024). Extending science instruction beyond the CER: Use of critical questions in the argumentation of middle school science students. *Science Education*, 108(5), 1420–1447. <https://doi.org/10.1002/sce.21877>
- Pedraja-Rejas, L. M., Acosta García, K., Pavez, J. P. J. y Chacón, Á. E. R. (2024). Abordaje de controversias sociocientíficas y científicas históricas para promover el pensamiento crítico en la formación docente en ciencias. *Sisyphus: Journal of Education*, 12(3), 29–51. <https://doi.org/10.25749/sis.36566>
- Pedraja-Rejas, L. y Rodríguez-Cisterna, C. (2023a). Habilidades del pensamiento crítico y liderazgo docente: Propuesta con perspectiva de género para la formación inicial. *Revista Venezolana de Gerencia*, 28(104), 1667–1684. <https://doi.org/10.52080/rvgluz.28.104.17>
- Pedraja-Rejas, L. y Rodríguez, C. (2023b). Desarrollo de habilidades del pensamiento crítico en educación universitaria: Una revisión sistemática. *Revista de Ciencias Sociales*, XXIX(3), 494–516.

- Pedraja-Rejas, L., Maulen-Berrios, C. y Rivas-Cauna, C. (2024). Cuerpo académico y pensamiento crítico en las universidades. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 32, 17. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052024000100217>
- Plummer, K. J., Kebritchi, M., Leary, H. M. y Halverson, D. M. (2022). Enhancing critical thinking skills through decision-based learning. *Innovative Higher Education*, 47, 711–734. <https://doi.org/10.1007/s10755-022-09595-9>
- Porlán, R., Pérez-Robles, A. y Delord, G. (2024). La didáctica de las ciencias y la formación docente del profesorado universitario. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(1), 5–22. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.5998>
- Puig, B. y Jiménez-Aleixandre, M. P. (2022). The integration of critical thinking in biology and environmental education: Contributions and further directions. En B. Puig y M. P. Jiménez-Aleixandre (Eds.), *Critical thinking in biology and environmental education. Facing challenges in a post-truth world* (pp. 1–26). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-92006-7>
- Pursitasari, I. D., Suhardi, E., Putra, A. P. y Rachman, I. (2020). Enhancement of student's critical thinking skill through science context-based inquiry learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 97–105. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21884>
- Quintanilla, M. y Adúriz-Bravo, A. (2022). *Enseñanza de las ciencias para una nueva cultura docente: Desafíos y oportunidades*. Ediciones UC.
- Ramsay, K., Gill, H. K. y Elvira, K. S. (2025). “The chocolate conundrum” and other easy active learning additions to traditional undergraduate science courses designed to teach for critical thinking. *Journal of Chemical Education*. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c00947>
- Reffhaug, M. B. A., Andersson-Bakken, E. y Jegstad, K. M. (2024). Supporting primary students' critical thinking in whole-class conversations about sustainability issues. *Environmental Education Research*, 30(10), 1840–1855. <https://doi.org/10.1080/13504622.2024.2309584>
- Rizki, I. A. y Suprapto, N. (2024). Project-oriented problem-based learning through SR-STEM to foster students' critical thinking skills in renewable energy material. *Journal of Science Education and Technology*, 33(4), 526–541. <https://doi.org/10.1007/s10956-024-10102-2>
- Rodríguez-Ponce, E., Pedraja-Rejas, L., Araneda-Guirriman, C. y Rodríguez, J. (2021). Importancia y desafíos de la educación inicial docente: El rol de las universidades regionales. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 27(4), 465–473.

- Romero-Ariza, M., Quesada Armenteros, A. y Estepa Castro, A. (2024). Promoting critical thinking through mathematics and science teacher education: The case of argumentation and graphs interpretation about climate change. *European Journal of Teacher Education*, 47(1), 41–59. <https://doi.org/10.1080/02619768.2021.1961736>
- Santos, L. F. (2017). The role of critical thinking in science education. *Journal of Education and Practice*, 8(20), 160–173. <https://eric.ed.gov/?id=ED575667>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–22.
- Stake, R. (2020). *Investigación con estudio de casos* (6th ed.). Morata.
- Sutiani, A., Situmorang, M. y Silalahi, A. (2021). Implementation of an inquiry learning model with science literacy to improve student critical thinking skills. *International Journal of Instruction*, 14(2), 117–138. <https://doi.org/10.29333/iji.2021.1428a>
- Urdanivia-Alarcón, D. A., Talavera-Mendoza, F., Rucano Paucar, F. H., Cayani Caceres, K. S. y Machaca Viza, R. (2023). Science and inquiry-based teaching and learning: A systematic review. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1170487>
- Varlık, S. (2024). Critical and creative thinking in science teachers: The moderating role of epistemology. *Journal of Baltic Science Education*, 23(5), 964–978. <https://doi.org/10.33225/jbse/24.23.964>
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2020). Pensamiento científico y pensamiento crítico: competencias transversales para aprender [Scientific thinking and critical thinking: Cross-cutting competencies for learning]. En A. Vilches (Coord.), *Veinte años de avances y nuevos desafíos en la educación CTS para el logro de objetivos de desarrollo sostenible. VII Seminario Iberoamericano CTS* (pp. 519–522). CTS.
- Vila, L., Márquez, C. y Oliveras, B. (2023). Una propuesta para el diseño de actividades que desarrollem el pensamiento crítico en el aula de ciencias [A didactic proposal for the development of critical thinking in the high school science classroom]. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 130201. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1302
- Wale, B. D. y Bishaw, K. S. (2020). Effects of using inquiry-based learning on EFL students' critical thinking skills. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 5, 1–14. <http://digilib.unimed.ac.id/42164/>
- Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications: Design and methods*. Sage Publications.
- Zabalza, M. A. (2007). *Competencias docentes del profesorado universitario: Calidad y desarrollo profesional*. Narcea.