CALIDAD EN LA EDUCACIÓN
ISSN 0717-4004 - eISSN 0718-4565
https://doi.org/10.31619/caledu.n62.1580

DESARROLLO DE HABILIDADES DE PENSAMIENTO CIENTÍFICO Y ACTITUDES HACIA LA CIENCIA EN ESTUDIANTES DE EDUCACIÓN MEDIA A TRAVÉS DE UNA ESTRATEGIA DE RESOLUCIÓN COLABORATIVA DE PROBLEMAS[1]

Felipe Oyarzún G.[2], Armando Peri[3], Patricio Felmer[4]

RESUMEN

El desarrollo de habilidades científicas y actitud hacia la ciencia está disminuido en niveles socioeconómicos bajos pese a que el currículo nacional los propone como un objetivo central. Por esta razón nuestra investigación estudia el efecto de un programa de desarrollo profesional docente (PDPD), llamado Activando la Resolución de Problemas en las Aulas (ARPA), sobre el desarrollo de habilidades y actitudes científicas en estudiantes de un colegio público chileno con un alto índice de vulnerabilidad. Se llevó a cabo un estudio experimental cuantitativo en el cual profesores participantes del PDPD-ARPA implementaron una metodología de resolución colaborativa de problemas (RCP) en el aula en un grupo experimental y llevaron a cabo actividades académicas regulares en un grupo control. Antes y después de la intervención se evaluó el nivel de alfabetización científica, el grado de dominio de habilidades científicas y la actitud hacia la ciencia de los estudiantes. Los resultados mostraron que solo los participantes del grupo experimental mejoraron el nivel de alfabetización científica y habilidades científicas tales como comprender elementos del diseño de investigación y cómo impactan en hallazgos y conclusiones científicas; resolver problemas utilizando habilidades cuantitativas, incluyendo probabilidad y estadística; y justificar inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos. El PDPD mostró, además, un impacto positivo en actitudes hacia la ciencia en los estudiantes del grupo experimental. Este aspecto no se observó en el grupo control, que mantuvo o disminuyó actitudes hacia la ciencia a lo largo del tiempo. En conclusión, el PDPD a través de la implementación de metodologías de enseñanza/aprendizaje basadas en la resolución colaborativa de problemas científicos, promueve el desarrollo de habilidades científicas, mejora la alfabetización científica y contribuye a una mejor valoración hacia la ciencia y las clases de ciencias en el aula.

Conceptos clave: actitud hacia la ciencia, alfabetización científica, desarrollo profesional docente, habilidades científicas.

1 Proyecto apoyado financieramente por CNED/Convocatoria 2023.
2 Universidad de Chile, Santiago, Chile. Contacto: felipe.oyarzun@ciae.uchile.cl
3 Universidad de Chile, Santiago, Chile. Contacto: armandoperi@ciae.uchile.cl
4 Universidad de Chile, Santiago, Chile. Contacto: pfelmer@dim.uchile.cl

Recibido: 26-02-2025 | Aceptado: 22-04-2025

DEVELOPING SCIENTIFIC THINKING SKILLS AND ATTITUDES TOWARD SCIENCE IN SECONDARY SCHOOL STUDENTS THROUGH A COLLABORATIVE PROBLEM-SOLVING STRATEGY

ABSTRACT

*The development of scientific skills and attitudes toward science is often diminished among students from lower socioeconomic backgrounds, despite the fact that the national curriculum presents these as a central objective. For this reason, this research examines the effect of a teacher professional development program (TPDP), called Activating Problem Solving in Classrooms (*Activando la Resolución de Problemas en las Aulas*, ARPA), on the development of scientific skills and attitudes among students at a public school in Chile with a high vulnerability index. A quantitative experimental study was carried out, in which teachers participating in the TPDP-ARPA implemented a collaborative problem-solving (CPS) methodology in the classroom with an experimental group, while a control group conducted regular academic activities. Before and after the intervention, students' levels of scientific literacy, degree of mastery of scientific skills, and attitudes toward science were assessed. The results showed that only students in the experimental group improved their level of scientific literacy and scientific skills, such as: understanding elements of research design and how these affect scientific findings and conclusions; solving problems using quantitative skills, including probability and statistics; and justifying inferences, predictions, and conclusions based on quantitative data. The TDPD also showed a positive impact on students' attitudes toward science in the experimental group. This effect was not observed in the control group, whose attitudes toward science either remained stable or became less positive over time. In conclusion, the TPDP—through the implementation of teaching/learning methodologies based on collaborative scientific problem solving—promotes the development of scientific skills, improves scientific literacy, and contributes to a more positive appreciation of science and science classes among students.*

Keywords: Attitude Toward Science, Professional Development of Teachers, Scientific Literacy, Scientific Skills.

Introducción

En Chile se han producido cambios curriculares que incluyen la promoción del desarrollo de habilidades en los estudiantes, tanto en enseñanza básica (Ministerio de Educación de Chile [Mineduc], 2012a) como en enseñanza media (Mineduc, 2012b; 2019). Algunas habilidades son transversales a diversas asignaturas, tales como las habilidades para el siglo XXI, que incluyen el pensamiento crítico, resolución de problemas, razonamiento y argumentación, trabajo en equipo, resolución de conflictos, negociación, comunicación asertiva, flexibilidad, adaptabilidad, iniciativa, y autoevaluación, entre otras (Pellegrino & Hilton, 2012). Otras habilidades, en cambio, son específicas para determinadas asignaturas, tales como habilidades de pensamiento científico en las asignaturas de Ciencias Naturales, Biología, Física y Química. El cambio en el currículo nacional tendiente al desarrollo de habilidades propuesto por Mineduc (2019), supuso un desafío importante en el sistema escolar y, específicamente, en los docentes en ejercicio, ya que demandó un cambio de paradigma en las metodologías de enseñanza para promover el desarrollo efectivo de habilidades en relación con los contenidos abordados en cada asignatura.

Para los cursos de las área de ciencias naturales, se hace importante el desarrollo de habilidades como el pensamiento crítico y la resolución de problemas, ya que se relacionan directamente con el desempeño académico escolar (Stehle & Peters-Burton, 2019), junto con el desarrollo de habilidades de pensamiento científico incluidas en el currículo nacional tales como observar y plantear preguntas, planificar y conducir una investigación, procesar y analizar evidencia o evaluar y comunicar (Mineduc, 2012a y 2012b; 2019). Desde esta perspectiva, los programas de desarrollo profesional docente (en adelante PDPD) en el área de ciencias juegan un rol fundamental para desarrollar en los profesores las habilidades necesarias para implementar cambios en las metodologías de enseñanza. Al respecto, se ha evidenciado que los PDPD en ciencia pueden aumentar la autoeficacia docente en la enseñanza de la ciencia (Baysal & Mutlu, 2021), promueven prácticas basadas en la indagación científica (Duran et al., 2009) y generan mejoras a largo

plazo en las estrategias de enseñanza alineadas con las prácticas científicas (Hauck, 2012). Además, la evidencia sugiere que la participación en PDPD en ciencias se asocia positivamente con el desarrollo del conocimiento pedagógico del contenido, así como con la implementación de enseñanza interdisciplinaria (Yang et al., 2020).

Desde esta perspectiva, el surgimiento de un nuevo marco curricular en el que se debe abordar el desarrollo de habilidades propone un desafío a las capacidades instaladas en las escuelas a nivel nacional (Cofré et al., 2010). Esto, porque las estrategias de enseñanza/aprendizaje deben ser reformuladas y no todos los colegios y sus profesores pueden adaptarse rápidamente para una implementación efectiva.

Por otra parte, en la actualidad las pruebas estandarizadas para la selección de estudiantes para la educación superior (PAES) incluyen desde el 2022 la evaluación de habilidades en todas sus asignaturas (Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional [DEMRE], 2023b). Por ejemplo, en el área de las ciencias naturales se evalúan cuatro habilidades científicas incluidas en el currículo nacional:

- observar y plantear preguntas,
- planificar y conducir una investigación,
- procesar y analizar evidencia,
- evaluar y comunicar.

Así mismo, se ha constatado que existe una brecha en relación con los puntajes obtenidos por estudiantes de educación pública y privada en dichas pruebas de selección universitaria. En efecto, según los datos del proceso de admisión 2023, el puntaje promedio de los colegios particulares pagados fue de 614 puntos, mientras que en los colegios municipales y servicios locales de educación fue de 483,9 puntos (DEMRE, 2023a). Adicionalmente, existen diferencias en las tasas de acceso inmediato a la educación superior entre ambos grupos: en 2022 para la educación particular pagada fue de un 68,7%, en tanto que para los colegios municipales fue de un 37,8% (SiES, 2023).

Ahora bien, antes de los ajustes curriculares ya se conocían evidencias en cuanto a las diferencias por nivel socioeconómico en el grado de desarrollo de habilidades científicas y de actitud hacia las ciencias en escolares (Navarro y Förster, 2012), donde en niveles socioeconómicos más bajos se presentaba un menor desarrollo de habilidades y actitudes hacia la ciencia. A pesar de las actualizaciones curriculares implementadas desde 2015, existe evidencia respecto del mantenimiento de estos mismos resultados en la actualidad (Bórquez-Sánchez, 2024).

En atención a este escenario creemos que, para disminuir las brechas existentes por nivel socioeconómico en la educación científica, los PDPD juegan un rol fundamental, ya que el cambio de metodologías de enseñanza y aprendizaje en los profesores ha mostrado tener mejores resultados cuando existe un acompañamiento de largo plazo basado en la reflexión de sus propias prácticas (Roehrig, 2023). Complementariamente, se ha observado que el trabajo que desarrollan los PDPD permite instalar capacidades en las escuelas que pueden perdurar en el tiempo (Hauck, 2012) y alinearse con los objetivos propuestos en el currículo (Lotan et al., 2019). Es por esta razón que planteamos la necesidad de llevar a cabo una investigación que permita estudiar el impacto de PDPD en el desarrollo de habilidades y actitudes hacia la ciencia en estudiantes escolares, con el objetivo de generar evidencia que contribuya a tomar decisiones en el contexto educativo y disminuir las brechas por nivel socioeconómico existentes en la educación científica en Chile.

Alfabetización científica

La alfabetización científica nos permite utilizar el conocimiento científico para plantear preguntas, adquirir conocimientos, explicar fenómenos científicos y obtener conclusiones sobre la base de evidencia (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE], 2000). Al respecto, los niveles de alfabetización científica, de menor a mayor grado, corresponden a los siguientes:

- analfabetismo científico,
- alfabetismo científico nominal,
- alfabetismo científico funcional,

- alfabetismo científico estructural y
- alfabetismo científico multidimensional (Uno & Bybee, 1994) (Figura 1).

Por su parte, el nivel de alfabetización científica en la etapa escolar repercute en el interés y comprensión hacia temas científicos en la edad adulta, produciendo un impacto directo en la toma de decisiones de vida cotidiana cuando se involucran situaciones contextuales de base científico-tecnológicos (Frish et al., 2011). En la actualidad se incluyen nuevas perspectivas en torno a la alfabetización científica que incorporan la articulación con perspectivas críticas y sociopolíticas (Guerrero & Sjöström, 2024) y posibilitan el desarrollo de una educación científica comprometida con la transformación social, la justicia ambiental y el empoderamiento ciudadano (Hodson, 2008).

Figura 1
Niveles de alfabetización científica de acuerdo con el criterio taxonómico de Uno y Bybee

Fuente: Elaboración propia sobre la base de Uno y Bybee (1994).

En la misma línea, un estudio realizado por Navarro y Förster (2012) con estudiantes secundarios en Santiago de Chile y otro realizado por Bórquez-Sánchez (2024) con estudiantes secundarios en la Región del Bío-Bío, mostraron que la alfabetización científica se encuentra en el nivel funcional, lo que disminuye a menor nivel socioeconómico; no se encontraron mayores diferencias en el nivel de alfabetización científica diferenciado por sexos.

Actitud hacia la ciencia

La actitud hacia la ciencia se relaciona con valores, sentimientos y creencias hacia objetos de la ciencia y cuenta con varias dimensiones, por ejemplo:

- visión de la ciencia y los científicos,
- actitud hacia la indagación científica,
- adopción de actitudes científicas,
- relevancia de la ciencia,
- perspectiva del aula y de los profesores de ciencia,
- sentimientos hacia la ciencia,
- implicación social de la ciencia (Fraser, 1981).

Adicionalmente, las perspectivas actuales en torno a la actitud hacia la ciencia plantean que esta debe ser crítica, ética y comprometida, es decir, se deben reconocer tanto los logros como los usos problemáticos de la ciencia, así como también que la relación con la ciencia debe ser, desde una postura reflexiva, cuestionadora y transformadora (Gandolfi, 2024). En este sentido, existe consenso en que una mejor actitud hacia la ciencia se relaciona con la alfabetización científica, el aprendizaje de la ciencia y la toma de decisiones en relación con temas científicos (Musalamani et al., 2021). De igual modo, se ha observado que los estudiantes que desarrollan tempranamente un interés hacia la ciencia tienen mayor probabilidad de seguir estudios superiores vinculados con el área científica (George, 2000), en tanto que los estudios realizados por Bórquez-Sánchez (2024) y Navarro y Förster (2012) muestran que a menor nivel socioeconómico menor es la valoración hacia la ciencia, lo que podría afectar el rendimiento académico de los estudiantes,

su interés y las posibilidades de seguir estudios relacionados con el área científica.

Programa de desarrollo profesional docente-ARPA

El programa de desarrollo profesional docente Activando la Resolución de Problemas en las Aulas (ARPA), utiliza la metodología de resolución colaborativa de problemas (RCP) para impactar en el desarrollo de habilidades de los estudiantes a través del cambio de prácticas de aula de los docentes participantes (Helenius et al., 2023). Esto se logra a través de una metodología activa de trabajo (Desimone, 2009) con un fuerte énfasis en el *hacer y reflexionar* (Marrongelle et al., 2013). Un componente clave para el cumplimiento del objetivo de ARPA se logra a través del trabajo sostenido durante el año escolar, donde se busca que la labor con los docentes sea dosificada, pero constante, para que poco a poco vaya permeando las prácticas de los participantes (Desimone, 2009; Garet et al., 2001).

Otro aspecto distintivo de ARPA es su enfoque en el trabajo colaborativo (Felmer, 2023; Liljedahl, 2014) y reflexivo entre docentes, basado en la resolución de problemas no rutinarios (Elia et al., 2009). Este enfoque promueve la construcción de conocimiento práctico y contextualizado, permitiendo a los docentes reflexionar respecto de sus propias prácticas pedagógicas en un ambiente de apoyo mutuo y aprendizaje colectivo. Además, ARPA integra estrategias pedagógicas innovadoras que se alinean con las necesidades específicas de los docentes y sus contextos educativos, facilitando así la transferencia de lo aprendido a las aulas.

Por su parte, el trabajo en las sesiones del programa ARPA con los docentes, se centra en una metodología activa y colaborativa que los pone en el rol de aprendices, enfrentándolos a la resolución de problemas no rutinarios (Felmer y Perdomo-Díaz, 2017). Así, durante estas sesiones, los docentes trabajan en pequeños grupos para analizar problemas desafiantes que requieren diversas estrategias de resolución, promoviendo de este modo el razonamiento lógico y el pensamiento crítico. Este enfoque no solo permite a los participantes experimentar los desafíos de aprendizaje que enfrentan sus propios estudiantes, sino también reflexionar

acerca de cómo adaptar estas experiencias a sus contextos educativos (Marrongelle et al., 2013).

En cuanto a las sesiones de trabajo del PDPD usualmente estas duran tres horas. Cada sesión tiene un foco en sí misma, por ejemplo, interacción sobre la base de preguntas, herramientas de monitoreo, discusiones plenarias, entre otros. La estructura de las sesiones, si bien no siempre es la misma, posee componentes similares, en lo que ARPA ha llamado "el ciclo ARPA" (Perdomo-Díaz et al., 2019) en el cual la sesión se inicia con una reflexión grupal en torno a los beneficios y dificultades percibidos durante la implementación de la actividad anterior con sus estudiantes; luego, se planifica la implementación de la siguiente actividad; y, por último, se implementa en el periodo entre sesiones.

Un componente clave de este ciclo es la reflexión pedagógica, donde los docentes discuten y evalúan colectivamente cómo las estrategias son utilizadas en las aulas (Helenius et al., 2023). Estas reflexiones son guiadas por facilitadores especializados que fomentan la conexión entre la teoría y la práctica, basándose en investigaciones previas respecto del desarrollo profesional efectivo (Desimone, 2009; Garet et al., 2001).

En las implementaciones con estudiantes, los docentes aplican los problemas y estrategias explorados en las sesiones de trabajo, con el objetivo de promover en ellos un aprendizaje activo y significativo (Felmer & Perdomo-Díaz, 2016). Estas actividades buscan desarrollar habilidades cognitivas como la resolución de problemas y la argumentación, al tiempo que se fortalecen aspectos afectivos como la motivación y la confianza en las propias capacidades (Perdomo-Díaz et al., 2019). Este enfoque apunta a transformar la dinámica tradicional de la sala de clases, colocando a los estudiantes como protagonistas de su aprendizaje.

Las actividades de RCP en el aula que los docentes implementan con sus estudiantes, usualmente duran entre 45 y 90 minutos, y poseen cuatro etapas: entrega, activación, consolidación y discusión (Felmer y Perdomo-Díaz, 2017). En ellas los estudiantes, en grupos formados al azar (Liljedahl, 2014) de entre tres y cinco miembros, se enfrentan a un problema

común. Los estudiantes deben trabajar colaborativamente para dar respuesta a la interrogante del problema, la que luego presentarán al profesor quien –interactuando sobre la base de preguntas– les hará reflexionar y profundizar en los argumentos de su respuesta, o en caso de que esta sea suficientemente completa, les dará una extensión del problema. En los últimos minutos de la clase el docente escogerá algunos estudiantes para que salgan a mostrar a la pizarra sus resultados y organizará una discusión en torno a dicha exposición (Smith et al., 2016).

Por otro lado, existen estudios que evalúan el impacto de ARPA en los docentes, específicamente en su autoeficacia y la adopción de prácticas de aula centrada en los estudiantes (Saadati, et al., 2023). En esta misma línea se ha estudiado el efecto de ARPA sobre el rendimiento de los estudiantes en la resolución de problemas en matemáticas (Saadati & Felmer, 2021). Por último, pese a los positivos resultados de ARPA, tanto en los docentes como en los estudiantes, existe la necesidad de comprender cuál es el aporte de ARPA en otras disciplinas como la educación científica.

Objetivos de la investigación

La investigación tuvo como objetivo general determinar el impacto de la implementación de la metodología de resolución colaborativa de problemas (RCP) en clases de ciencias sobre el desarrollo de habilidades científicas y la actitud hacia la ciencia de estudiantes de educación media. En tanto que como objetivos específicos se destacan los siguientes:

- Determinar el impacto del uso de estrategias de RCP en clases de ciencias (Biología, Física y Química) de educación media sobre el desarrollo de habilidades científicas tales como explicación científica de fenómenos naturales, evaluación y diseño de investigaciones científicas, e interpretación de datos y pruebas científicas.
- Determinar el impacto del uso de estrategias de RCP en clases de ciencias (Biología, Física y Química) de educación media sobre las actitudes de los estudiantes hacia la ciencia, tales como actitud hacia la investigación científica, adopción de actitudes científicas,

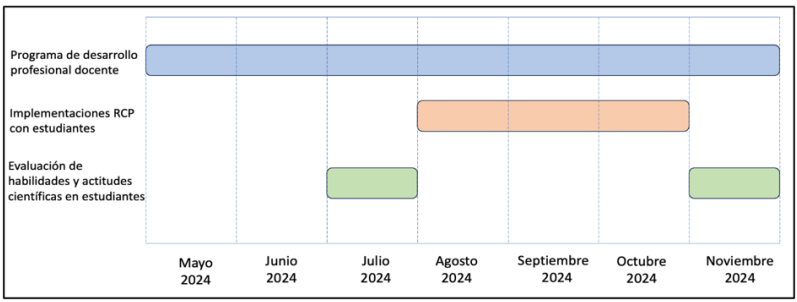
disfrute de las clases de ciencias, e interés de ocio y profesional por la ciencia.

Metodología

La metodología utilizada corresponde a un estudio experimental, es decir, se utilizó un grupo al cual se le aplicó una metodología de enseñanza/aprendizaje basada en la RCP de ciencia (grupo experimental), y otro grupo en el cual se desarrollaron actividades académicas regulares basadas en clases expositivas (grupo control).

Para que los profesores aplicaran la metodología RCP, participaron previamente de un programa de desarrollo profesional docente, y luego aplicaron la metodología solo en el grupo experimental. En ambos grupos se aplicaron instrumentos para evaluar habilidades y actitudes científicas en los estudiantes antes y después del periodo completo de implementación de RCP. El flujo temporal de las actividades realizadas se resumen en la siguiente figura.

Figura 2
Flujo temporal de actividades realizadas durante la investigación



Fuente: Elaboración propia.

Participantes

Los participantes correspondieron a estudiantes y profesores de un colegio municipal de la comuna de Santiago, Región Metropolitana, Santiago de Chile. El establecimiento presenta un índice de vulnerabilidad multidimensional de 33,28, con un 79% de los

estudiantes en el rango de vulnerabilidad considerado como muy alto (JUNAEB, 2024). Un total de 405 estudiantes de primero a cuarto año medio fue reclutado para el estudio, de los cuales 236 cumplieron con los requisitos finales para ser considerados en el análisis de la investigación, es decir, completaron las evaluaciones pre y posintervención y participaron de las intervenciones RCP en las clases de ciencia. De los 236 estudiantes considerados para el estudio, un 48% correspondió a mujeres y un 52% a hombres, todos pertenecientes a los niveles de primero, segundo y tercer año medio. Los estudiantes de cuarto medio fueron descartados por no completar todas las implementaciones y/o las evaluaciones posintervención.

Por otra parte, en el PDPD y en las implementaciones RCP con los estudiantes, participaron cuatro profesores de ciencias: una profesora de Biología, una profesora de Química, un profesor de Física y una profesora de Ciencias para la Ciudadanía.

Talleres ARPA con docentes

El desarrollo de los talleres ARPA con docentes se organizó en dos etapas, realizadas en 2023 y 2024. En la primera fase se llevó a cabo un taller dirigido a docentes de Ciencias, Lenguaje, Matemática y Ciencias Sociales. Cada grupo de asignatura participó en un taller específico, reuniéndose con un monitor especializado en sesiones de trabajo colaborativo. En el caso de ciencias, participaron 12 profesores, de los cuales tres eran docentes del establecimiento del estudio, quienes asistieron a ocho sesiones de tres horas cada una (Tabla 1). Además, se incluyeron dos sesiones adicionales de análisis de videos de 90 minutos, realizadas en grupos pequeños (de tres a cuatro docentes) fuera del horario habitual. Estas instancias permitieron a los profesores reflexionar acerca de sus prácticas pedagógicas, observando cómo se implementaban las estrategias ARPA en el aula.

El enfoque de cada sesión se estructuró de manera progresiva, comenzando con el trabajo colaborativo y el desarrollo de habilidades en los estudiantes, para luego abordar elementos específicos de la metodología ARPA, como el diseño de buenas preguntas y herramientas de monitoreo. Las sesiones finales se dedicaron a la

conducción de discusiones plenarias y a la evaluación del taller. Un aspecto innovador de ese primer año fue la inclusión de actividades interdisciplinares, las que buscaron fomentar conexiones entre diferentes asignaturas. Por último, durante 2023 cada docente realizó entre tres y cinco implementaciones en sus aulas, aplicando los aprendizajes alcanzados durante el taller.

Tabla 1
Objetivos de sesiones 2023 del PDPD-ARPA

Sesión	Objetivos sesiones 2023
1	Comprender qué es el trabajo colaborativo y cómo permite el desarrollo de habilidades en los estudiantes.
2	Comprender las características de los problemas ARPA y las etapas de la metodología ARPA.
3	Formular preguntas ARPA y analizar la calidad de la pregunta.
4	Desarrollar herramientas para el monitoreo en las sesiones con estudiantes.
5	Conducir discusiones plenarias: desarrollar estrategias para que los estudiantes puedan llevar a cabo discusiones plenarias en la sala de clases.
6	Analizar las propias prácticas para el mejoramiento continuo de la práctica pedagógica.
7	Evaluación de los talleres implementados con estudiantes.
8	Diseñar actividades interdisciplinares.

Fuente: Elaboración propia.

En 2024, en tanto, el taller se enfocó exclusivamente en Ciencias y contó con la participación de los docentes de esta asignatura del establecimiento. De ellos, dos habían participado en el taller de 2023, mientras que los restantes eran nuevos en la metodología. Este nuevo taller, con una duración de seis sesiones de tres horas cada una, se llevó a cabo directamente en el establecimiento, lo que facilitó la logística y la participación (Tabla 2). A diferencia del año anterior, no se realizaron sesiones de análisis de video, pero se mantuvo un enfoque práctico y reflexivo que permitió a los docentes perfeccionar sus habilidades en la resolución de problemas.

El taller de 2024 profundizó en aspectos clave de la metodología ARPA, como las etapas de la resolución de problemas, el diseño de preguntas desafiantes y la conducción de discusiones plenarias. Las últimas sesiones se centraron en perfeccionar el cierre

de las plenarias y conectar los aprendizajes con los contenidos curriculares. Cada docente realizó, al menos, tres implementaciones durante el año, lo que permitió observar la evolución de sus prácticas pedagógicas y el impacto en los estudiantes. Este enfoque progresivo y adaptado a las necesidades específicas de los participantes ha sido uno de los pilares del éxito de los talleres ARPA en el desarrollo profesional docente.

Tabla 2
Objetivos de sesiones 2024 del PDPD-ARPA

Sesión	Objetivos sesiones 2024
1	Comprender las características de los problemas ARPA y las etapas de la metodología ARPA.
2	Formular preguntas ARPA y analizar preguntas desafiantes.
3	Conducir discusiones plenarias: desarrollar estrategias para que los estudiantes puedan llevar a cabo discusiones plenarias en la sala de clases.
4	Analizar discusiones plenarias implementadas en la sala de clases.
5	Comprender y analizar estrategias para llevar a cabo el cierre de la discusión plenaria y cómo conectarla con el contenido disciplinar.
6	Evaluar los talleres del PDPD-ARPA.

Fuente: Elaboración propia.

En síntesis, el trabajo llevado a cabo durante el PDPD-ARPA con los docentes se centró en que aprendieran a implementar las actividades de resolución colaborativa de problemas en cada una de sus etapas. Cada taller de tres horas de duración se dividió en dos partes: una primera instancia en la que se aprende y/o profundiza en alguna etapa de la metodología ARPA y un segundo segmento en el que se reflexiona respecto de la implementación de la metodología con los estudiantes. De esta forma, los docentes llevaban a cabo una o dos sesiones del PDPD-ARPA y luego implementaban una sesión de ARPA con sus alumnos, como se revisará en el siguiente punto.

Implementación de ARPA con estudiantes

Solo en el grupo experimental se llevaron a cabo tres implementaciones de ARPA en las clases de Ciencia, con al menos un mes de diferencia. Las actividades realizadas fueron diseñadas, discutidas y retroalimentadas en los talleres con los profesores. Cada docente de

Ciencias escogió una pregunta ARPA para ser efectuada de acuerdo con su asignatura y los contenidos tratados en ese momento. Sin embargo, independientemente de la asignatura o contenido tratado en clases, el problema debía ser resuelto a través del uso de procesos científicos tales como el análisis de datos, formulación de diseño experimental o la argumentación científica.

Durante la implementación, los docentes de Ciencias plantearon un problema científico no rutinario, que desafió a los estudiantes a resolverlo de manera colaborativa (cuatro a cinco estudiantes). La actividad, por su parte, constó de cuatro etapas (Felmer y Perdomo-Díaz, 2017):

- Etapa 1 o fase de entrega: Los estudiantes son organizados en grupos al azar; luego los docentes introducen el tema y los motivan antes de la lectura del problema.
- Etapa 2 o fase de activación: Los estudiantes discuten respecto del problema e intentan resolverlo. En esta segunda fase los docentes interactúan con los estudiantes a través de preguntas que guían su discusión.
- Etapa 3 o fase de consolidación: Ocurre cuando un grupo tiene una propuesta de resolución del problema. En esta etapa el docente comprueba a través de preguntas que todos los estudiantes comprendan el problema y la resolución propuesta.
- Etapa 4 o fase de discusión: El docente elige algunos grupos para que presenten su resolución al problema y guía una discusión entre todos los grupos. En esta fase el docente hace preguntas a los alumnos para enriquecer la discusión y realizar conexiones entre conceptos e ideas.

Un ejemplo de pregunta ARPA implementada en la sala de clases se puede observar en la siguiente figura.

Figura 3
Ejemplo de problema RCP aplicado en el aula

El color del metal

El otro día en clase de ciencias estábamos experimentando con diferentes materiales y notamos algo muy curioso. Teníamos una barra de hierro y decidimos calentarla con un mechero. Poco a poco, el hierro empezó a cambiar de color: primero se puso roja, luego anaranjada y finalmente casi blanca. Todos nos quedamos sorprendidos y uno de mis compañeros preguntó: "¿Por qué cambia de color?"

Como no sabíamos la respuesta, decidimos hacer un pequeño experimento. Intentamos calentar también una barra de cobre y una de aluminio para ver si pasaba lo mismo. ¡Y sí! También cambiaban de color, aunque de manera diferente.

¿Cómo cambian de color los metales cuando se calientan?

Fuente: Elaboración propia.

En el grupo control, en tanto, no se implementaron actividades ARPA, sino que se llevaron a cabo las actividades académicas regulares. Adicionalmente, con el fin de nivelar a ambos grupos, al finalizar el estudio durante 2025 se realizaron actividades ARPA de ciencias de acuerdo con las planificaciones individuales de cada profesor participante.

Instrumentos de evaluación

Los instrumentos permitieron evaluar el índice de alfabetización científica, habilidades de pensamiento científico y actitudes hacia la ciencia. Se utilizó el Test of Scientific Literacy Skills (TOSL) (Gormally et al., 2012) para estimar el índice de alfabetización científica y grado de domino de habilidades de pensamiento científico. Este test ya está validado en la población escolar chilena (Bórquez-Sánchez, 2024) y consta de 15 preguntas de alternativas. De manera complementaria y para evaluar habilidades de pensamiento científico, se utilizó la resolución de un problema sociocientífico que los estudiantes debieron responder con papel y lápiz. Las respuestas obtenidas a partir de este instrumento que se aplicó a través de una rúbrica basada en la evaluación de investigaciones científicas propuesta en el currículo nacional de Ciencias Naturales para educación media (Mineduc, 2016). Para la evaluación de actitudes hacia la ciencia

se utilizó una escala de Likert denominada Test of Science Related Attitudes (TOSRA) basada en Fraser (1981) y Johnston (1997), y validada en la población chilena por Bórquez-Sánchez (2024).

Resultados

Rendimiento global en el TOSL

El porcentaje de respuestas correctas para el TOSL (Tabla 3) muestra que el grupo experimental aumentó el rendimiento de 34,54% (obtenido antes de la intervención) a un 42,61% después de la intervención. Este incremento es significativo (Wilcox-test; *p*-value = 0,0005). Por su parte, el grupo control presentó un 34,17% de respuestas correctas antes de la intervención, y un 34,21% luego de ella. No se encontraron diferencias significativas para el grupo control al comparar ambos rendimientos (Wilcox-test; *p*-value = 0,86).

Tabla 3
Rendimiento en el TOSL por grupo y etapa de medición

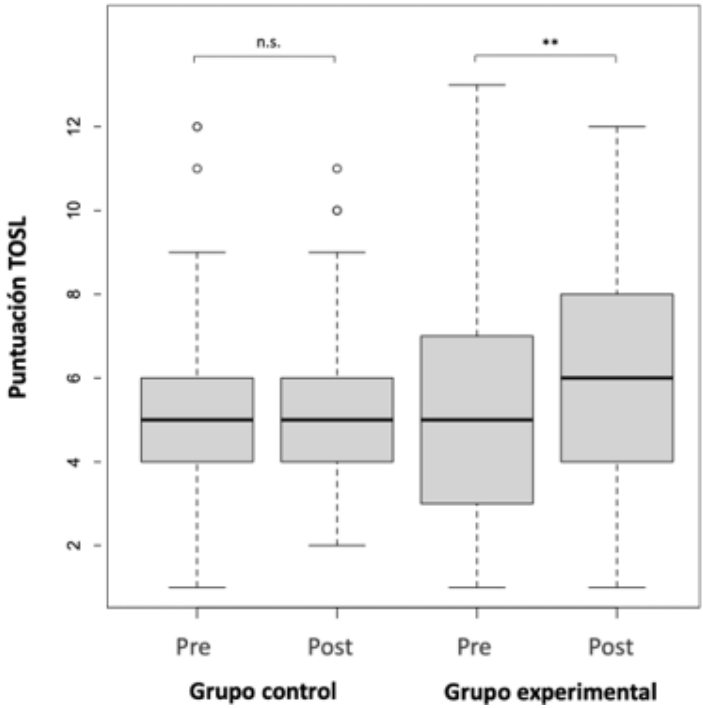
Grupo	Etapa	Media	Desviación estándar
Control	Pre	0,3417	0,1407
Control	Post	0,3421	0,1336
Experimental	Pre	0,3454	0,1658
Experimental	Post	0,4261	0,1768

Fuente: Elaboración propia.

Índice de alfabetización científica

Antes de la intervención, la puntuación promedio en el TOSL del grupo control fue de 5,12 (*DE* = 2,11) y del grupo experimental de 5,18 (*DE* =2,48). Posteriormente a la intervención el grupo control no varió en el índice de alfabetización científica (puntuación promedio de 5,13; *DE* = 2,0). Por su parte, el grupo experimental presentó un índice de 6,39 (*DE* = 2,65), por lo que existe un aumento significativo solo en el grupo experimental (Wilcox-test; *p*-value = 0,0005) y no en el grupo control (Wilcox-test; *p*-value = 0,866). Los resultados se resumen en la siguiente figura.

Figura 4
Puntuación en el TOSL por grupo y etapa de medición



Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el nivel de alfabetización científica previo a la intervención en ambos grupos (control y experimental) se consideró analfabetismo científico o alfabetismo científico nominal para el 97% de los estudiantes. Posteriormente a la intervención no se observaron cambios en esta distribución para el grupo control, pero sí para el grupo experimental: disminuyó el porcentaje de estudiantes con analfabetismo científico de un 46,34% a un 43,08%; el porcentaje de estudiantes con alfabetización científica nominal descendió de un 50,40% a 46,34%; y aumentó el porcentaje de estudiantes con alfabetización científica funcional de un 1,62% a un 10,56% (Tabla 4).

Tabla 4
Nivel de alfabetización científica por grupo y etapa de medición

Nivel de alfabetización científica	Control Pre	Control Post	Experimental Pre	Experimental Post
Analfabetismo científico	46,01%	48,67%	46,34%	43,08%
Alfabetización científica nominal	51,23%	48,67%	50,40%	46,34%
Alfabetización científica funcional	2,65%	2,65%	1,62%	10,56%
Alfabetización científica estructural	0%	0%	1,62%	0%
Alfabetización científica multifuncional	0%	0%	0%	0%

Fuente: Elaboración propia.

Índice de alfabetización científica

Respecto del rendimiento en las nueve habilidades científicas medidas a través de TOSL, no se encontraron diferencias entre las condiciones pre y posintervención en el grupo control (Wilcox-test; *p*-value > 0,05). El grupo experimental, en tanto, presentó una mejora en el rendimiento de las habilidades científicas "Comprender elementos del diseño de investigación y cómo impactan en hallazgos y conclusiones científicas" (Wilcox-test; *p*-value = 0,0001); "Resolver problemas utilizando habilidades cuantitativas, incluyendo probabilidad y estadística" (Wilcox-test; *p*-value < 0,0001); y "Justificar inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos" (Wilcox-test; *p*-value < 0,0001).

Adicionalmente, se observó en el grupo experimental una disminución en el rendimiento de la habilidad "Leer e interpretar representaciones gráficas de datos" desde un 0,89 en la condición preintervención a un 0,68 en la condición posintervención (Wilcox-test; *p*-value = 0,024). Los valores del rendimiento promedio y la desviación estándar para cada habilidad de pensamiento científico, por grupo (control y experimental) y momento de medición (pre y posintervención) se resumen en la siguiente tabla.

Tabla 5
Comparación de habilidades científicas antes y después de la intervención

Habilidad	Control Pre	Control Post	(*p*-value)	Interven. Pre	Interven. Post	(*p*-value)
Identifica un argumento científico válido.	0,93 (0,68)	0,97 (0,72)	0,688	0,89 (0,77)	1,00 (0,78)	0,118
Evalúa la validez de la fuente.	0,50 (0,50)	0,57 (0,50)	0,309	0,56 (0,50)	0,54 (0,50)	0,714
Evalúa el uso y mal uso de la información científica.	0,54 (0,61)	0,65 (0,67)	0,279	0,62 (0,71)	0,70 (0,63)	0,225
Comprende elementos del diseño de investigación y cómo impactan en hallazgos y conclusiones científicas.	0,58 (0,69)	0,48 (0,56)	0,457	0,51 (0,58)	0,91 (0,78)	**0,0001**
Crea representaciones gráficas a partir de datos.	0,25 (0,43)	0,33 (0,47)	0,171	0,32 (0,47)	0,30 (0,46)	0,774
Lee e interpreta representaciones gráficas de datos.	0,86 (0,77)	0,75 (0,72)	0,306	0,89 (0,68)	0,68 (0,65)	**0,024**
Resuelve problemas utilizando habilidades cuantitativas, incluyendo probabilidad y estadística.	0,36 (0,57)	0,46 (0,63)	0,229	0,37 (0,64)	0,94 (0,72)	**0,0000**
Comprende e interpreta estadística básica.	0,72 (0,63)	0,58 (0,64)	0,087	0,70 (0,66)	0,72 (0,64)	0,745
Justifica inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos.	0,30 (0,46)	0,34 (0,48)	0,509	0,29 (0,46)	0,56 (0,50)	**0,0000**

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el problema sociocientífico que los estudiantes debieron responder de manera individual con papel y lápiz, los resultados mostraron una mejora significativa para el grupo experimental (Wilcox-test; *p*-value = 0,028) respecto de la formulación de un diseño experimental para resolver un problema, lo que no se observó en el grupo control. Adicionalmente, no se observaron diferencias significativas en ningún grupo en cuanto a la propuesta de resultados y conclusión de la investigación propuesta por los estudiantes en este mismo problema sociocientífico (Wilcox-test; *p*-value > 0,05). Los resultados en el promedio de las puntuaciones en las pruebas de desarrollo se abordan en el siguiente punto.

Resolución de problema sociocientífico

La mejoría más comúnmente observada en el grupo experimental en cuanto a la propuesta de un diseño experimental para resolver la problemática sociocientífica tiene relación con utilizar uno o más grupos controles y/o experimentales, es decir, en la mayoría de los casos no se utilizó un grupo control en el diseño experimental preintervención, pero sí se planteó el uso de un grupo control posintervención. Este tipo de mejorías no fue significativo en el grupo control. Por ejemplo, el estudiante identificado como 2207 perteneciente al grupo experimental, propuso un diseño experimental sin considerar un grupo control en la condición preintervención: "Yo le aplicaría protector solar a una persona durante un año para ver si la noticia [los bloqueadores solares no previenen el cáncer de piel] es real o falsa". En cambio, este mismo estudiante en la condición posintervención utilizó un grupo control en su propuesta de diseño experimental para resolver el mismo problema sociocientífico: "Primero juntamos a cinco personas y le echamos protector solar, en una pierna sí y en otra pierna no. Luego, ponemos al sol las partes mencionadas en un tiempo de 5 horas y después quitamos el protector [solar] y vemos los resultados".

Tabla 6

Comparación pre/posintervención de resultados obtenidos en la resolución de un problema sociocientífico

Grupo	Pro. Pre	Pro. Post	*p*-value	Res. Pre	Res. Post	*p*-value	Con. Pre	Con. Post	*p*-value
Control	1,64 (0,60)	1,58 (0,56)	0,55	1,39 (0,54)	1,31 (0,53)	0,662	1,17 (0,38)	1,20 (0,40)	0,303
Experimental	1,57 (0,64)	1,76 (0,62)	**0,028**	1,28 (0,51)	1,20 (0,45)	0,191	1,22 (0,50)	1,13 (0,40)	0,231

Fuente: Elaboración propia.

Actitud global hacia la ciencia (AHC)

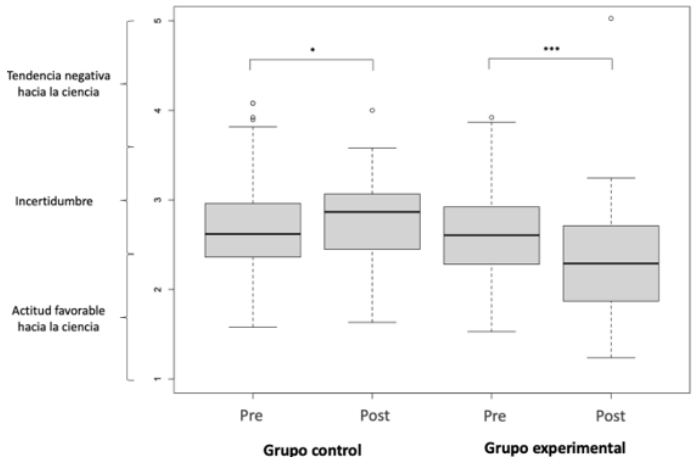
Los resultados del TOSRA mostraron que el grupo experimental mejoró la actitud global hacia la ciencia (Tabla 7), pasando de un promedio global de puntuación de 2,59 preintervención a un 2,30 posintervención, lo que representa una mejora en la valoración (Wilcox-test; *p*-value = 0,00007). Por su parte, el grupo control varió de una puntuación de 2,68 en la condición preintervención a un 2,77 en la condición posintervención, lo que representa una pérdida en la valoración global de la ciencia (Wilcox-test; *p*-value = 0,029). La Figura 5 muestra la escala de valoración de la ciencia, el promedio de cada grupo (control y experimental) y para cada momento de la medición (pre y posintervención).

Tabla 7
Comparación de los resultados obtenidos en actitud global hacia la ciencia pre/posintervención

Grupo	AHC Pre	AHC Post	Diferencia (Post - Pre)	*p*-value
Control	2,68 (0,50)	2,77 (0,45)	0,09	**0,02954**
Experimental	2,59 (0,48)	2,30 (0,59)	-0,29	**0,00007**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5
Comparación de promedios obtenidos en la puntuación global de AHC por grupo y momento de evaluación



Fuente: Elaboración propia.

Actitud hacia la ciencia

De las siete dimensiones evaluadas en el TOSRA solo la "Perspectiva del aula y de los profesores de ciencia" presentó una disminución en la valoración en el grupo control (Wilcox-test; *p*-value = 0,014) (Figura 6). Por su parte, seis dimensiones mejoraron su valoración en el grupo experimental: "Visión hacia la ciencia y las científicas/os" (Wilcox-test; *p*-value = 0,0007); "Adopción de actitudes científicas" (Wilcox-test; *p*-value = 0,0035); "Relevancia de la ciencia" (Wilcox-test; *p*-value = 0,0114); "Perspectivas del aula y de las profesoras/es" (Wilcox-test; *p*-value < 0,0001); "Sentimientos hacia la ciencia" (Wilcox-test; *p*-value < 0,0001); e "Implicación social de la ciencia" (Wilcox-test; *p*-value = 0,024).

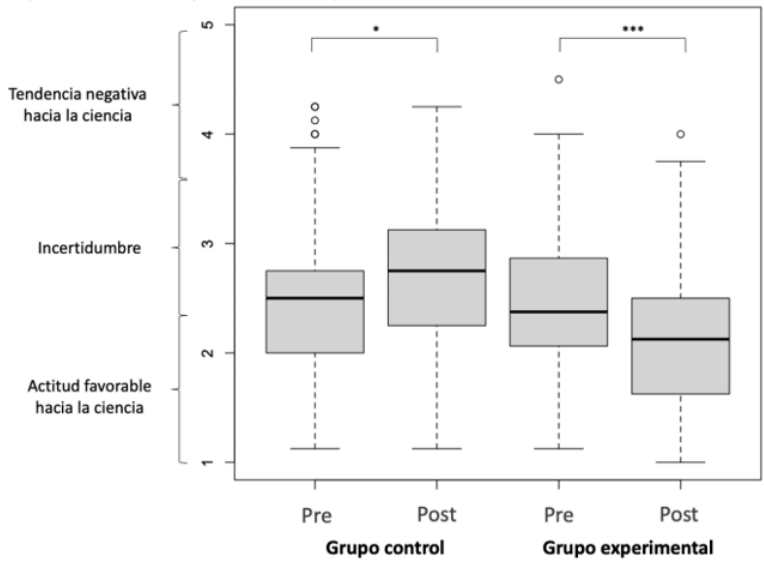
La Tabla 8 presenta el promedio de la puntuación en el TOSRA y la desviación estándar por cada dimensión, grupo (control y experimental) y momento de medición (pre y posintervención).

Tabla 8
Comparación pre/post por grupos en las diferentes dimensiones de AHC

Actitud hacia la ciencia	Control Pre	Control Post	*p*-value	Inter. Pre	Inter. Post	*p*-value
Visión hacia la ciencia y las científicas/os.	2,86 (0,53)	2,89 (0,51)	0,487	2,79 (0,56)	2,47 (0,66)	**0,0007**
Actitud hacia la indagación científica.	2,30 (0,95)	2,56 (0,91)	0,072	2,23 (0,84)	2,13 (0,93)	0,2013
Adopción de actitudes científicas.	2,88 (0,74)	2,92 (0,70)	0,400	2,78 (0,78)	2,54 (1,42)	**0,0035**
Relevancia de la ciencia.	2,80 (0,64)	2,87 (0,59)	0,254	2,67 (0,71)	2,41 (0,62)	**0,0114**
Perspectivas del aula y de las/los profesoras/es.	2,51 (0,67)	2,70 (0,71)	**0,014**	2,44 (0,65)	2,10 (0,59)	**0,0000**
Sentimientos hacia la ciencia.	3,09 (0,78)	2,98 (0,63)	0,358	3,03 (0,76)	2,59 (1,27)	**0,0000**
Implicación social de la ciencia.	2,32 (0,69)	2,47 (0,71)	0,119	2,20 (0,71)	1,99 (0,56)	**0,0240**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 6
Perspectivas del aula y de las/los profesoras/es



Fuente: Elaboración propia.

Conclusión y discusión

Sobre la base de los resultados obtenidos podemos concluir que la participación de docentes de ciencia en el PDPD-ARPA repercute positivamente en el desarrollo de habilidades y actitudes científicas de los estudiantes. Dicho resultado se logró a través de la correcta implementación de actividades basadas en la resolución colaborativa de problemas científicos en el aula. Este hallazgo es importante ya que revela que las estrategias de aprendizaje activo contribuyen favorablemente al aprendizaje de las ciencias. Adicionalmente, creemos que para alcanzar estos beneficios es necesario que los docentes participen de un PDPD de largo plazo, en el cual puedan reflexionar acerca de sus prácticas docentes con el acompañamiento adecuado.

En tanto, los resultados obtenidos a partir del TOSRA plantean que la alfabetización científica inicial del grupo de estudiantes participantes se mantiene bajo el nivel funcional obtenido a partir de otros estudios con estudiantes secundarios chilenos (Navarro y

Förster, 2012; Bórquez-Sánchez, 2024). No obstante, estos mismos estudios plantean que en niveles socioeconómicos bajos se espera que exista un menor nivel de alfabetización científica, lo que explicaría los resultados.

Ahora bien, debido a las mejorías encontradas antes y después del test solo en el grupo experimental y no en el grupo control, concluimos que la implementación de estrategias de enseñanza/aprendizaje basadas en resolución colaborativa de problemas en clases de ciencia contribuyen positivamente a mejorar la alfabetización científica de estudiantes secundarios. Aunque los resultados están en línea con otras investigaciones (Nainggolan, 2021), nuestros hallazgos enriquecen la discusión, ya que plantean la idea de que se pueden producir mejorías en la alfabetización científica realizando pocas implementaciones de RCP en el aula, con estudiantes que inicialmente presentaban niveles de alfabetización científica muy bajos. De igual modo, creemos que la participación de los estudiantes que propicia ARPA-ciencia en los contextos de discusión, negociación social y comunicación de información científica son el motor que impulsa las mejorías de la alfabetización científica en los estudiantes. Esto, basado en el análisis de las actividades implementadas durante el PDPD-ARPA, el cual impulsó el uso sistemático de estas estrategias y permitió verificar la aplicación efectiva de la metodología RCP.

Así mismo, el análisis de los resultados del TOSRA muestra que la implementación de metodologías RCP alineadas con el currículo de Ciencias –es decir, que las actividades implementadas por los docentes estén directamente relacionadas con el contenido disciplinar visto en ese momento–, muestra un aumento en el desarrollo de habilidades científica en comparación con las clases tradicionales. En este sentido, la búsqueda de soluciones a problemas científicos muchas veces requiere del diseño de experimentos que puedan confirmar o rechazar hipótesis posibles (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2012), lo que podría estar a la base de las mejorías en la habilidad científica "Comprender elementos del diseño de investigación y cómo impactan en hallazgos y conclusiones científicas". En la misma línea, por la naturaleza de los problemas RCP propuestos por ARPA, seguido de que no

es una metodología utilizada de manera aislada, sino más bien de uso regular, podría producir las mejorías en la habilidad "Resolver problemas utilizando habilidades cuantitativas". Por su parte, participar activamente de la discusión y de la negociación social en el contexto de RCP podría potenciar la habilidad de "Justificar inferencias, predicciones y conclusiones basadas en datos cuantitativos". En cambio, una habilidad científica que mostró un detrimento en su desarrollo a partir de la metodología RCP fue "Leer e interpretar representaciones gráficas de dato", habilidad que no disminuyó en el grupo control. Este resultado podría deberse a que en las clases de ciencias basada en resolución colaborativa de problemas científicos no se incorporaron gráficos o tablas como contexto de la problemática. Este es un punto que nos plantea la necesidad de incorporar en los problemas ARPA información científica basada en gráficos, entregando la posibilidad de que los estudiantes puedan interpretarla y utilizarla en la formulación de soluciones a problemáticas científicas. También proponemos que se puedan implementar problemas donde los estudiantes entreguen información de manera gráfica para su resolución.

En relación con el resultado individual de un problema sociocientífico en papel y lápiz, se reafirma el hallazgo de un incremento en la habilidad científica de "Comprender elementos del diseño de investigación y cómo impactan en hallazgos y conclusiones científica", ya que se observaron mejorías en la formulación de un diseño experimental para resolver la problemática solo en el grupo experimental. Estos resultados plantean que las habilidades adquiridas en un contexto de resolución colaborativa de problemas se pueden transferir a la resolución individual de un problema científico.

Ahora bien, en términos de actitud global hacia la ciencia, los resultados mostraron que en el grupo control las clases convencionales disminuyeron significativamente la valoración hacia la ciencia. Estos resultados apuntan a la misma dirección que estudios que plantean que un estilo de enseñanza convencional a largo plazo podría ser aburrido y generar actitudes negativas hacia el aprendizaje (Duffany, 2017; Gorghiu et al., 2015). Por el contrario, los resultados de la utilización de metodologías RCP en el aula

de Ciencia mostraron una mejoría en su valoración, a favor de investigaciones que plantean que las metodologías constructivistas mejoran la actitud de estudiantes hacia materias de aprendizaje (Demirel & Dagyar, 2016; Ferreira y Trudel, 2012), incluyendo asignaturas científicas (Adi et al., 2012; Gok & Sylay, 2010). Complementariamente, involucrar de forma activa al estudiante en el proceso de aprendizaje y socializar con sus pares en el proceso puede contribuir a desarrollar actitudes positivas hacia la ciencia. Al respecto, las dimensiones que presentaron una mejoría en la valoración hacia la ciencia fueron: "Visión hacia la ciencia y las científicas/os", en donde los estudiantes presentaron visiones menos estereotipadas en relación con los científicos y científicas y el trabajo que realizan; "Adopción de actitudes científicas", donde los estudiantes mostraron tener valoración de prácticas científicas en sus vidas cotidianas; "Relevancia de la ciencia", que mejoró la valoración de la relevancia de la ciencia como fuente de generación de conocimiento; "Perspectiva de aula y de los profesores", que aumentó la valoración de las actividades de aula y de las metodologías utilizadas por sus profesores y profesoras de ciencia; "Sentimientos hacia la ciencia", con un aumento de la valoración de los sentimientos producidos durante las clases de ciencia y de cómo las evaluaciones, actividades y formas de enseñar los hace sentir; y por último, "Implicación social de la ciencia", donde se mejoró la valoración de los alcances que la ciencia puede tener actualmente en la sociedad.

El grupo control no mostró cambios antes y después de la aplicación del test en la mayoría de las dimensiones evaluadas, con excepción de la dimensión "Perspectivas del aula y de las profesoras/es", que presentó una disminución significativa en el tiempo, lo que evidencia que el enfoque de enseñanza basado en la resolución colaborativa de problema en clases de Ciencia mejora la valoración y revierte el efecto negativo de las clases convencionales (Nawi et al., 2019).

Si bien los resultados muestran mejorías significativas en el grupo experimental, estos no evidencian una compensación total de la brecha existente en alfabetización científica y actitud hacia la ciencia entre niveles socioeconómicos. En consecuencia, creemos que

el desarrollo de habilidades científicas y el aumento en la valoración, tanto de la ciencia como de las clases de Ciencia, suponen un avance considerable pero no definitivo, que contribuye a seguir progresando en la equidad de la educación científica nacional. En este sentido, las mejorías obtenidas aquí pueden servir de base para seguir construyendo nuevos conocimientos científicos y desarrollando habilidades a través de la utilización de RCP y otras estrategias de enseñanza-aprendizaje efectivas.

Por ejemplo, investigaciones previas plantean que con frecuencia se utilizan modelos que asumen que la participación de profesores y profesoras en PDPD produce una cascada lineal de eventos: primero se producen cambios en los conocimientos y creencias de los docentes, y luego se modifican sus prácticas de las metodologías de enseñanza, lo que se traduce en mejoras en los procesos de aprendizaje de los estudiantes (Cohen & Hill, 2000).

Los resultados de esta investigación aportan evidencia respecto de los beneficios directos en el aprendizaje de los estudiantes a partir de un PDPD en ciencia, que cumple con criterios esperados por modelos más complejos de PDPD que han mostrado tener éxito. En esta línea, ARPA-ciencia cumple con características como:

- estar enfocada en cómo los estudiantes aprenden en clases de ciencia,
- coherencia con los conocimientos y creencias de los profesores,
- aprendizaje activo de los profesores durante el PDPD,
- colaboración entre docentes, creando espacios reflexivos de trabajo, y
- duración sostenida con un tutor que guía la reflexión de las prácticas (Darling-Hammond et al., 2017; Desimone, 2009; Roehrig, 2023).

Estas características podrían ser la base de que los profesores mantuvieran un alto nivel de participación en el PDPD y un elevado compromiso con la implementación de RCP en el aula de Ciencias y sus estudiantes, lo que se materializó en resultados positivos en términos de habilidades y actitudes científicas.

De este modo, podemos constatar que un beneficio directo que se obtiene al implementar PDPD utilizando modelos más complejos, tiene relación con la instalación en las escuelas de capacidades perdurables en el tiempo, es decir, mientras los profesores se mantengan en el establecimiento educacional. Ello, porque es importante realizar investigaciones a largo plazo respecto de la evolución de dichas capacidades y de cómo el curso de la evolución impacta en los aprendizajes y actitudes de los estudiantes.

Por último, consideramos dos limitaciones importantes de este estudio. Primero, que la investigación se realizó en un contexto muy específico, es decir, en un único colegio con características sociodemográficas particulares, con un grupo reducido de docentes de Ciencia (cuatro profesores) y un bajo número de implementación de sesiones con estudiantes (tres sesiones), por lo que se debe ser precavido al interpretar los datos y tomar decisiones en otros contextos. En segundo término, creemos que los instrumentos utilizados presentan como limitación no considerar una alfabetización científica crítica o actitudes críticas hacia la ciencia, por lo que es necesario llevar a cabo investigaciones complementarias que incluyan estas perspectivas.

Pese a lo anterior, creemos que los resultados obtenidos aportan información valiosa para los tomadores de decisiones en las entidades en que se definen las estrategias de desarrollo profesional docente (escuelas, fundaciones, municipalidades y Servicio Local de Educación Pública, SLEP) y para la política pública que debe orientar al sistema en estas temáticas, de manera de disminuir las brechas existente en la educación pública en relación con el desarrollo de habilidades y actitudes en los estudiantes, mejorando la equidad de la educación escolar y el acceso a la educación superior universitaria.

Agradecimientos

Esta investigación fue parcialmente financiada por CMM Grant/Award Número FB210005 y por CIAE Grant/Award Número FB0003 y AFB240004, ANID/PIA Basal Funds for Centers of Excellence.

Referencias

Adi, F. M., Phang, F. A., & Yusof, K. M. (2012). Student perceptions change in a chemical engineering class using Cooperative Problem Based Learning (CPBL). *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *56*(2012), 627-635. http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.697

Baysal, Y. E. & Mutlu, F. (2021). The effect of professional development programs on teachers' self-efficacy beliefs in science teaching: A meta-analysis study. *International Journal of Contemporary Educational Research, 8*(4), 1-15. https://doi.org/10.33200/ijcer.828528

Bórquez-Sánchez, E. (2024). Scientific literacy in biology and attitudes towards science in the Chilean education system. *Research in Science & Technological Education*, 1-25. https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2320104

Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., y Vergara, C. (2010). La educación científica en Chile: debilidades de la enseñanza y futuros desafíos de la educación de profesores de ciencia. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, *36*(2), 279-293. https://doi.org/10.4067/S0718-07052010000200016

Cohen, D. K. & Hill, H. (2000). Instructional policy and classroom performance: The mathematics reform in California. *The Teachers College Record*, *102*(2), 294-343. https://doi.org/10.1111/0161-4681.00057

Demirel, M. & Dagyar, M. (2016). Effects of problem-based learning on attitude: A meta-analysis study. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, *12*(8), 2115-2137. https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1293a

Darling-Hammond, L., Hyler, M. E., & Gardner, M. (2017). *Effective teacher professional development*. Learning Policy Institute. https://doi.org/10.54300/122.311

Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional, DEMRE. (2023a). *Informe técnico de las pruebas de admisión 2023 PAES regular*. DEMRE. https://historico.demre.cl/investigacion/documentos/informes/2023-informe-resultados-paes-regular-admision-2023.pdf

Departamento de Evaluación, Medición y Registro Educacional, DEMRE, (2023b). *Temario regular proceso de admisión 2024. Prueba electiva ciencias*. DEMRE. https://demre.cl/publicaciones/2024/2024-23-03-23-temario-paes-regular-ciencias

Desimone, L. (2009). Improving impact studies of teachers' professional development: Toward better conceptualizations and measures. *Educational Researcher*, *38*(3), 181-199. https://doi.org/10.3102/0013189X08331140

Duffany, J. L. (2017). Application of active learning techniques to the teaching of introductory programming. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje, 12*(1), 62-69. https://doi.org/10.1109/RITA.2017.2658918

Duran, E., Ballone-Duran, L., Haney, J., & Beltyukova, S. (2009). The impact of a professional development program integrating informal science education on early childhood teachers' self-efficacy and beliefs about inquiry-based science teaching. *Journal of Elementary Science Education*, *21*(4), 53-70. https://doi.org/10.1007/BF03182357

Elia, I., Van den Heuvel-Panhuizen, M., & Kolovou, A. (2009). Exploring strategy use and strategy flexibility in non-routine problem solving by primary school high achievers in mathematics. *ZDM - International Journal on Mathematics Education*, *41*(5), 605-618. https://doi.org/10.1007/s11858-009-0184-6

Felmer, P. (2023). Collaborative problem-solving in mathematics. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, *52*. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2023.101296

Felmer, P. & Perdomo-Díaz, J. (2016). Novice Chilean secondary mathematics teachers as problem solvers. In P. Felmer, E. Pehkonen & J. Kilpatrick (Eds.), *Posing and Solving Mathematical Problems* (pp. 287-308). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-28023-3

Felmer, P. y Perdomo-Díaz, J. (2017). Un programa de desarrollo profesional docente para un currículo de matemática centrado en las habilidades: la resolución de problemas como eje articulador. *Educación matemática*, *29*(1), 201-217. https://doi.org/10.24844/em2901.08

Ferreira, M. M. & Trudel, A. R. (2012). The impact of problem-based learning (PBL) on student attitudes toward science, problem-solving skills, and sense of community in the classroom. *Journal of Classroom Interaction*, *47*(1), 23-30. http://www.jstor.org/stable/43858871

Fraser, B. (1981). *Test of science related attitudes*. Australian Council for Educational Research.

Frish, A. L., Camerini, L., Diviani, N., & Schulz, P. (2011). Defining and measuring health literacy: How can we profit from other literacy domains? *Health Promotion International*, *27*(1), 117-126. https://doi.org/10.1093/heapro/dar043

Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. *American Educational Research Journal*, *38*(4), 915-945. https://doi.org/10.3102/00028312038004915

Gandolfi, H. E. (2024). (Re) considering nature of science education in the face of socio-scientific challenges and injustices: Insights from a critical-decolonial perspective. *Science & Education*, 1-27. https://doi.org/10.1007/s11191-024-00536-w

George, R. (2000). Measuring change in students' attitudes toward science over time: An application of latent variable growth modeling. *Journal of Science Education and Technology, 9*(3), 213-225. https://doi.org/10.1023/A:1009491500456

Gok, T. & Sylay, I. (2010). The effects of problem-solving strategies on students' achievement, attitude and motivation. *Latin-American Journal of Physics Education*, *4*(1), 7-21. http://lajpe.org/jan10/02_Tolga_Gok.pdf

Gorghiu, G., Draghicescu, L. M., Cristea, S., & Gorghiu, L. M. (2015). Problem-based learning. An efficient learning strategy in the science lessons context. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *191*(2015), 1865-1870. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.570

Gormally, C., Brickman, P., & Lutz, M. (2012). Developing a Test of Scientific Literacy Skills (TOSLS): Measuring undergraduates' evaluation of scientific information and arguments. *CBE - Life Sciences Education, 11*(4), 364-377. https://doi.org/10.1187/cbe.12-03-0026

Guerrero, G., y Sjöström, J. (2024). Alfabetización científica y ambiental crítica: una revisión sistemática y crítica. *Estudios en Educación en Ciencias* , *61* (1), 41–87. https://doi.org/10.1080/03057267.2024.2344988

Gutiérrez Pulido, H. y De La Vara Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*. McGraw-Hill.

Hauck, N. (2012). *Effects of sustained teacher professional development on the classroom science instruction of elementary school teachers* [Ph.D. Dissertation, Utah State University]. https://www.proquest.com/docview/1081472917

Helenius, O., Thomas Jankvist, U., Marie Ahl, L., & Sánchez Aguilar, M. (2023). *On the implicitness of the "theory of change" in implementations in mathematics education research*. HAL open science. https://hal.science/hal-04407685v1

Hodson, D. (2008). Looking for balance in the curriculum: Essential elements in a curriculum for critical scientific literacy. In D. Hodson (Ed.), *Towards scientific literacy: A teachers' guide to the history, philosophy and sociology of science* (pp. 173-194). Sense Publishers.

JUNAEB. (2024). *Índices de Vulnerabilidad Escolar 2024*. https://www.junaeb.cl/imprescindibles-para-realizar-un-analisis-de-las-comunidades-educativas-del-pais-junaeb-publica-indices-de-vulnerabilidad-escolar-2024/

Johnston, J. (1997). *Measuring attitudes in science: What exactly are we measuring and why?* The Nottingham Trent University Press.

Liljedahl, P. (2014). The affordances of using visibly random groups in a mathematics classroom. In Y. Li, E. Silver, & S. Li (Eds.), *Transforming Mathematics Instruction. Advances in Mathematics Education.* Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-04993-9_8

Lotan, R. A., Burns, D., & Darling-Hammond, L. (2019). *The instructional leadership corps: Entrusting professional learning in the hands of the profession*. Learning Policy Institute.

Marrongelle, K., Sztajn, P., & Smith, M. (2013). Scaling up professional development in an era of common state standards. *Journal of Teacher Education*, *64*(3), 202-211. https://doi.org/10.1177/00224871124738

Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. (2012a). *Bases curriculares educación básica*. Mineduc. https://hdl.handle.net/20.500.12365/632

Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. (2012b). *Bases curriculares 7º a 2º medio*. Mineduc. https://www.curriculumnacional.cl/portal/Curso/Educacion-General/7-basico/34949:Bases-Curriculares-7-basico-a-2-medio

Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. (2016). *Ciencias Naturales, Programa de estudio 1° Medio*.

Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. (2019). *Bases curriculares 3º a 4º medio*. Mineduc. https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414_bases.pdf

Musalamani, W., Yasin, R. M., & Osman, K. (2021). Comparison of school based-cooperative problem-based learning (SB-CPBL) and conventional teaching on students' attitudes towards science. *Journal of Baltic Science Education*, *20*(2), 261-276. https://dx.doi.org/10.33225/jbse/21.20.261

Nainggolan, V. A., Situmorang, R. P., & Hastuti, S. P. (2021). Learning bryophyta: Improving students' scientific literacy through problem-based learning. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia,* 7(1), 71-80. https://doi.org/10.22219/jpbi.v7i1.15220

Navarro, C. M. B. y Förster, M. C. E. . (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Pensamiento Educativo*, *49*(1), 1-17. https://doi.org/10.7764/PEL.49.1.2012.1

Nawi, N. D., Phang, F. A., Mohd-Yusof, K., Rahman, N. F. A., Zakaria, Z. Y., Hassan, S. A. H. bin S., & Musa, A. N. (2019). Instilling low carbon awareness through technology- enhanced cooperative problem-based learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, *14*(24), 152-166. https://doi.org/10.3991/ijet.v14i24.12135

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, OCDE. (2000). Capítulo 3: Alfabetización en matemáticas y ciencias. En *Estudios Internacionales, SIMCE*. Unidad de Currículum y Evaluación, Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. https://www7.uc.cl/sw_educ/educacion/grecia/plano/html/pdfs/biblioteca/LIBROS/BL011.pdf

Pellegrino, J. W. & Hilton, M. L. (Eds.) (2012). *Education for life and work: developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National Research Council of the National Academes.

Perdomo-Díaz, J., Felmer, P., & Rojas, C. (2019). Teachers' mathematical tensions surfacing during the first session of a problem-solving professional development workshop. In: Felmer, P., Liljedahl, P., Koichu, B. (eds) Problem Solving in Mathematics Instruction and Teacher Professional Development (pp. 359-378). Research in Mathematics Education. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29215-7_

Roehrig, G. (2023). Research on teacher professional development in science. In N. G. Lederman & S. K. Abell (Eds.), *Handbook of research on science education (vol. III)*. Routledge.

Saadati, F. & Felmer, P. (2021). Assessing impact of a teacher professional development program on student problem-solving performance. *ZDM Mathematics Education,* 53, 799-816. https://doi.org/10.1007/s11858-020-01214-1

Saadati, F., Chandia, E., & Cerda, G. (2023). Self-efficacy, practices, and their relationships: The impact of a professional development program for mathematics teachers. *Journal of Mathematics Teacher Education, 26*(1), 103-124. http://dx.doi.org/10.1007/s10857-021-09523-2

Servicio de Información de Educación Superior, SiES. (2023). *Acceso a la educación superior en Chile*. Ministerio de Educación de Chile, Mineduc. https://educacionsuperior.mineduc.cl

Smith, M. S. & Stein, M. K. (2016). *5 practices for orchestrating productive mathematics discussions.* National Council of Teachers of Mathematics.

Stehle, S. M. & Peters-Burton, E. E. (2019). Developing student 21st century skills in selected exemplary inclusive STEM high schools. *International Journal of STEM Education, 6*(39). https://doi.org/10.1186/s40594-019-0192-1

Uno, G. & Bybee, R. (1994). Understanding the dimensions of scientific literacy in biology. *BioScience*, *44*(8), 553-557. https://doi.org/10.2s307/1312283

Yang, Y., Liu, X., & Gardella Jr., J. A. (2020). Effects of a professional development program on science teacher knowledge and practice, and student understanding of interdisciplinary science concepts. Journal of Research in Science Teaching, 57(7), 1028-1057. https://doi.org/10.1002/tea.21620