

Prácticas científicas e integración disciplinaria en la relación escuela–museo: análisis de secuencias didácticas diseñadas por profesorado de ciencias en formación

Scientific Practices and Disciplinary Integration in the School–Museum Relationship: Analysis of Didactic Sequences Designed by Pre-Service Science Teachers

Macarena Soto ^a, Felipe Porflitt ^a, Natália Cândido ^a

^a Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile.

Resumo. Investigaciones valoran la integración de experiencias de educación no formal, como las visitas a museos o centros de ciencias dentro del ámbito escolar. Sin embargo, su incorporación es escasa. Una de las razones es que la formación inicial docente en ciencias rara vez contempla visitas a estos espacios, ni promueve una reflexión sobre su valor educativo en el profesorado en formación de ciencias. Por lo anterior, esta investigación explora cómo profesorado en formación de primaria mención en ciencias, y de secundaria de física, promueve la integración disciplinar y qué prácticas científicas de indagación, modelización y/o argumentación se incorporan en la planificación de sus secuencias didácticas en el marco de la visita a museos, luego de vivenciar una experiencia formativa en educación no formal. Los resultados evidencian la promoción de la indagación científica en el profesorado de primaria y de la modelización en secundaria, así como la carencia de promoción de la argumentación científica en ambos contextos. También se observa que el profesorado de secundaria promueve una mayor integración disciplinar que primaria. Estos resultados relevan la necesidad de que la formación inicial docente incorpore la educación no formal de manera más sostenida y profunda, y que esta se vincule con los marcos didácticos que sustentan la educación científica, para que se pueda promover todo el potencial educativo de estos contextos educativos.

Abstract. Research has valued the integration of non-formal educational experiences, such as visits to museums or science centers, into the school setting. However, their incorporation is limited. One reason is that initial science teacher training rarely includes visits to these spaces, nor does it encourage reflection on their educational value among pre-service science teachers. Therefore, this research explores how pre-service primary science teachers and secondary physics teachers promote disciplinary integration and what scientific practices of inquiry, modeling, and/or argumentation they incorporate into the planning of their teaching sequences within the framework of museum visits, after undergoing a training experience in non-formal education. The results demonstrate the promotion of scientific inquiry among primary school teachers and of modeling among secondary school teachers, while the lack of promotion of scientific argumentation in both contexts. It is also observed that secondary school teachers promote greater disciplinary integration than primary school teachers. These results highlight the need for initial teacher training to incorporate non-formal education in a more sustained and in-depth manner and to link it with the didactic frameworks that underpin science education, so that the full educational potential of these educational contexts can be promoted.

Palabras-clave:

Educación no formal; formación inicial docente; integración disciplinar; integración curricular; museos; prácticas científicas.

Submetido em

11/09/2025

Aceito em

22/05/2026

Publicado em

03/07/2026

Keywords:

Non-formal education; initial teacher education; disciplinary integration; curricular integration; museums; scientific practices.

Introducción

Para enfrentar los desafíos globales del siglo XXI se requiere una ciudadanía crítica e informada, capaz de proponer soluciones a problemáticas complejas (Puig et al., 2023) con implicancias medioambientales, científicas, sociales, tecnológicas, políticas y éticas (Sjöström & Eilks, 2018), las que incluso amenazan la preservación del ser humano en el planeta (Dillon & Avraamidou, 2021). En este contexto, la ciencia se convierte en un pilar fundamental de la sociedad contemporánea, y su enseñanza debería orientarse a generar espacios donde el estudiantado desarrolle competencias para ejercer una ciudadanía activa, que le permita tomar decisiones desde un juicio informado, responsable y razonado (Puig et al., 2023).

En respuesta a este reto, a nivel internacional y Latinoamericano se han comenzado a implementar cambios en los currículos escolares, alineándose a esta visión. En Chile, entraron en vigencia en el año 2020 las Bases Curriculares para tercero y cuarto medio (estudiantado de 16 a 18 años), de las que surge la asignatura *Ciencias para la Ciudadanía*, cuyo propósito es formar ciudadanos alfabetizados científicamente (MINEDUC, 2019). Más recientemente, en junio de 2024, se presentó una propuesta de actualización curricular desde 1° básico a 2° medio (estudiantado de 6 años a 16 años) que enfatiza la alfabetización científica crítica, la interdisciplinariedad y la promoción de las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación desde los primeros años de escolaridad, enviando una señal clara sobre la necesidad de preparar al estudiantado para los desafíos actuales. Incluso, dentro del marco chileno, también, se publicó en 2024 una política nacional de educación artística, la que refuerza el desarrollo del pensamiento crítico del estudiantado y la interdisciplina entre asignaturas como ciencias y artes musicales, visuales y escénicas (MINCAP & MINEDUC, 2024).

Si bien estas reformas curriculares buscan responder a las demandas educativas de la ciudadanía del siglo XXI, su implementación exitosa requiere poner el foco en la Formación Inicial Docente (FID) en ciencias (Feshman, 2022), ya que será el futuro profesorado quien promueva estas competencias ciudadanas en sus estudiantes. No obstante, la evidencia de investigaciones internacionales y latinoamericanas muestra que los procesos de FID suelen centrarse predominantemente en el aula escolar, limitando la exploración de otros contextos educativos con alto potencial formativo (Pugliese & Marandino, 2015; Soto-Lombana & Angulo-Delgado, 2025).

En una revisión general de los procesos de FID en Chile, se observa que la mayoría de los programas universitarios mantienen una visión transmisiva de la enseñanza de las ciencias y desconectada de un abordaje interdisciplinar (Cofré et al., 2010; Marzábal & Vanegas, 2021; Vergara & Cofré, 2014), priorizando los contextos formales por sobre otros espacios educativos no formales, como museos, acuarios o jardines botánicos (Anderson et al., 2006; Idema & Daniel, 2023). Desde esta perspectiva, la escasa integración de los espacios no formales en la FID limita la exploración de su potencial para generar aprendizajes científicos profundos y fomentar la participación del estudiantado en problemáticas de relevancia social con un sentido interdisciplinar (Soto & Porflitt, 2024). Este escenario se repite también en

otros contextos, como el Latinoamericano, donde son escasas las oportunidades que se brindan en la FID para incorporar a los museos como herramientas o recursos para la enseñanza, o incluso como un espacio para el desarrollo de prácticas pedagógicas (Oliveira & Marandino, 2024; Soto-Lombana & Angulo-Delgado, 2025).

En un contexto de transformaciones aceleradas y frente a desafíos globales como la crisis climática, el desarrollo de la inteligencia artificial o la creciente desconfianza hacia el conocimiento, los museos y centros de ciencia se constituyen como escenarios privilegiados para promover la participación social en torno a cuestiones sociocientíficas desde la perspectiva de diferentes disciplinas y modalidades de enseñanza-aprendizaje (Navas, 2023). Estos entornos no solo favorecen una comprensión profunda y contextualizada de los contenidos científicos, sino que también estimulan el diálogo interdisciplinar, la reflexión y el empoderamiento de los visitantes ante problemáticas locales y globales que inciden en sus vidas y territorios (Behrendt & Franklin, 2014; Hine & Medvecky, 2015; Yun et al., 2022). Asimismo, Idema y Daniel (2023) señalan que estos espacios amplían el acceso al conocimiento científico más allá de la escuela, favoreciendo que el estudiantado asuma un papel activo como agente de transformación social (Marandino et al., 2023). Cuando estas experiencias se integran en la FID como parte de las prácticas pedagógicas, contribuyen a ampliar la comprensión del rol profesional del futuro profesorado (Mazzitelli et al., 2026), quien comienza a reconocerse como mediador entre saberes escolares y culturales (Soto-Lombana & Angulo-Delgado, 2025).

No obstante, para que estas oportunidades se materialicen en experiencias formativas significativas, es indispensable que los docentes diseñen las visitas con objetivos claros y estrategias participativas (Morentin & Guisasola, 2014), considerando los modelos que dentro y fuera de las ciencias tengan como base al profesorado (Porflitt et al., 2024). La evidencia indica que sin planificación y articulación curricular, las visitas tienden a convertirse en experiencias episódicas y poco integradas al proceso formativo (DeWitt & Osborne, 2007).

En ese sentido, si la FID no fomenta el involucramiento de los futuros docentes con la ciencia y la actividad científica en contextos diversos, se corre el riesgo de perpetuar prácticas tradicionales que poco contribuyen al desarrollo de una ciudadanía crítica y activa. Por ello, esta investigación propone la Actividad Científica Escolar (ACE) como un enfoque didáctico clave, aplicable tanto a contextos formales como no formales, fomentando con ello competencias ciudadanas (Dómenech-Casal, 2018). A través de prácticas científicas auténticas como la indagación (Jiménez-Liso, 2020), la modelización (Couso, 2020) y la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2020), el estudiantado desarrolla progresivamente la capacidad de pensar, actuar y comunicarse científicamente (Izquierdo & Alibeiras, 2004) en contextos relevantes para su vida. Asimismo, investigaciones previas han mostrado que estas prácticas favorecen la construcción de Modelos Científicos Escolares (MCE) y el involucramiento en actividades vinculadas a cuestiones sociocientíficas (Solé et al., 2021; Tena, 2021).

En este marco, la presente investigación busca explorar cómo los futuros docentes, de primaria con mención en ciencias y de secundaria en física, i) incorporan las visitas a museos en sus propuestas de secuencias didácticas, ii) cuáles son las prácticas científicas que emergen en dichos diseños, y iii) de qué forma se promueve la integración disciplinar (entre disciplinas científicas y otras), luego de participar en la implementación de una propuesta formativa de enseñanza de las ciencias en contextos no formales. En este escenario, esta investigación busca responder a las siguientes preguntas de investigación:

¿De qué forma los futuros docentes de primaria y secundaria incorporan los espacios de educación no formal en sus planificaciones en un momento previo, durante y posterior a una salida al museo?

¿Qué prácticas científicas predominan en las secuencias didácticas de educación no formal elaboradas por los futuros docentes de primaria y secundaria?

¿De qué forma se promueve la integración disciplinar en las secuencias didácticas de educación no formal elaboradas por los futuros docentes de primaria y secundaria?

Marco Teórico

Formación Inicial de Docentes en contextos de educación no formal

La FID en ciencias enfrenta el desafío de preparar al futuro profesorado para diseñar experiencias de aprendizaje que trasciendan el aula e incorporen contextos de educación no formal, tales como museos o centros de ciencia, entre otros. Estos entornos poseen un enorme potencial para favorecer aprendizajes en ciencias, fomentar la alfabetización científica y acercar al estudiantado al análisis de problemáticas sociocientíficas (Idema & Daniel, 2023; Yun et al., 2022).

En el contexto latinoamericano, diversas investigaciones han profundizado en la conceptualización de la relación museo–escuela como una relación complementaria que puede constituirse en un auténtico dispositivo formativo (Monteiro et al., 2016). Soto-Lombana y Angulo-Delgado (2025) evidencian que cuando las experiencias en museos forman parte de la FID, especialmente en instancias de práctica pedagógica, permiten a los futuros docentes ampliar su comprensión sobre la enseñanza de las ciencias y resignificar al museo como una institución educativa con identidad propia. Desde esta perspectiva, el museo deja de ser únicamente un escenario de visita ocasional para convertirse en un espacio de diseño, implementación y análisis.

Sin embargo, algunas investigaciones advierten que la FID rara vez integra la educación en contextos no formales como los museos, lo que dificulta el desarrollo de habilidades pedagógicas para diseñar visitas con un espíritu crítico y participativo (Anderson et al., 2006; Monteiro et al., 2016). Asimismo, otras investigaciones señalan que el valor educativo de las experiencias de educación no formal depende en gran medida de la planificación docente y de la conexión que el profesorado realice con los contenidos escolares (Anderson et al., 2006; Behrendt & Franklin, 2014; Marandino et al., 2023).

En esta línea, el Grupo de Investigación en Educación en Museos (GREM por sus siglas en francés) realiza una propuesta denominada *Aprendizaje por exploración de carácter científico*, la que se compone de cuatro etapas: a) exploración; b) recolección de información; c) análisis de los datos, y d) síntesis. Estas etapas se asocian a diferentes momentos de la enseñanza, que se planifican cuidadosamente con actividades pensadas para ejecutarse antes, durante y después de una visita a un museo. En este caso, el antes se asocia con actividades de exploración; el durante con actividades de recolección y análisis de datos y el después con actividades de síntesis (Allard et al., 1994). Basándose en estos lineamientos Morentin y Guisasola (2014) identifican criterios asociados a estos tres momentos claves y destacan el rol de la planificación de las visitas a museos para que estas favorezcan la construcción de conocimiento y la participación estudiantil, evitando que estas experiencias se convierten en actividades aisladas dentro de la formación de los docentes (DeWitt & Osborne, 2007). De la misma manera, Soto-Lombana y Angulo-Delgado (2025) destacan que la estructuración en momentos pedagógicos diferenciados, previo, durante y posterior a la visita, fortalece la coherencia curricular y potencia el carácter formativo de la experiencia.

Por lo anterior, desde la perspectiva de la FID, resulta fundamental que el futuro profesorado viva experiencias en contextos como las visitas a museos como parte de su preparación profesional (Morentin & Guisasola, 2014). Cuando este tipo de visitas son integradas en la FID, se convierten en espacios de experimentación pedagógica donde los docentes en formación pueden reflexionar sobre su práctica (Tran & Halversen, 2021) y explorar nuevas estrategias de enseñanza (Morentin & Guisasola, 2014). Asimismo, el diseño conjunto de unidades didácticas entre escuela y museo favorece procesos reflexivos sobre la enseñanza de las ciencias y contribuye a una acción pedagógica más contextualizada, enriqueciendo la experiencia de aprendizaje de los estudiantes (Soto-Lombana et al., 2011).

Más allá de la planificación, es fundamental que el profesorado en formación aprenda a mediar pedagógicamente en estos contextos, ya que es habitual encontrar experiencias de visitas en estos espacios de carácter expositivo, donde el profesorado no promueve el debate ni la apertura a las voces del estudiantado (Cox-Petersen et al., 2003; Dewitt & Hohenstein, 2010). En este sentido, comprender al museo como institución educativa y cultural implica reconocer su potencial para la mediación, el diálogo y la construcción colectiva de significados (Soto-Lombana et al., 2013). Esta comprensión amplía la identidad profesional del docente en formación, quien comienza a reconocerse no solo como transmisor de contenidos, sino como mediador cultural y científico.

Para maximizar el impacto de los contextos de educación no formal, las visitas a museos requieren que el profesorado utilice diversas prácticas responsivas (Cândido Vendrasco et al., 2024) para facilitar la interacción entre los visitantes, la exposición y el contenido científico, como, por ejemplo, preguntas que promuevan la activación de ideas personales y la conexión de estas ideas con las de otros visitantes o la forma en que se interactúa con la exposición durante la visita (Tran & Halversen, 2021).

Para brindar orientaciones concretas al profesorado en ejercicio y en formación, Cândido Vendrasco et al. (2024) clasifican las visitas educativas en base a tres modelos: a) centradas

en el educador, b) centradas en la exposición, y c) centradas en el visitante. El modelo centrado en el educador prioriza la transmisión de información con preguntas cerradas y poca interacción. El modelo centrado en la exposición fomenta la exploración sensorial y la conexión con la vida cotidiana, aunque se centra más en la exposición que en el visitante. El modelo centrado en el visitante adapta la facilitación a las necesidades del grupo, utilizando preguntas abiertas que fomentan el pensamiento crítico.

De estos, el modelo centrado en los visitantes se sugiere como el más adecuado para promover la participación del estudiantado. En ese sentido, integrar este modelo en la FID permitiría que los futuros docentes conciban las visitas a museos como experiencias dialógicas y democráticas (Pedretti & Iannini, 2020; Yun et al., 2022), en las que el conocimiento se construya colectivamente y se valoren las distintas perspectivas culturales y científicas.

Promoción de prácticas científicas en Formación Inicial de Docentes

En los últimos años, la investigación en didáctica de las ciencias ha puesto un énfasis creciente en comprender el aprendizaje de las ciencias como la participación del estudiantado en prácticas análogas a las de la ciencia (Duschl & Grandy, 2008; Osborne, 2014). Desde la epistemología semantista y el modelo cognitivo de ciencia, se conciben a las prácticas científicas del aula como una ACE en la que el conocimiento científico se construye a través de la participación del estudiantado en prácticas como la modelización (Couso, 2020), la indagación (Jiménez-Liso, 2020) y la argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2020).

Desde la perspectiva de la ACE el aprendizaje de las ciencias no se reduce a la transmisión de teorías, leyes o conceptos, sino que implica también comprender cómo se construye el conocimiento científico (Izquierdo et al., 1999). Esto supone valorar que las teorías y modelos siempre están sujetas a revisión frente a nuevas pruebas o evidencias, y que la ciencia progresa gracias a este carácter tentativo (Davis, 2003). De la misma forma, cuando el estudiantado se involucra en prácticas científicas como las mencionadas, este puede ir construyendo y re-construyendo un modelo tentativo que progresivamente se acerque a representaciones más coherentes con las concepciones científicas escolarmente adecuadas, es decir, que se aproximen a los MCE como objetos de aprendizaje (Garrido et al., 2022).

En esta línea, la ACE se ha consolidado como un enfoque privilegiado para promover una enseñanza de las ciencias orientada a la formación ciudadana. A través de la participación en prácticas científicas auténticas, como la indagación, la modelización y la argumentación, el estudiantado desarrolla progresivamente la capacidad de pensar, actuar y comunicarse científicamente, evaluando afirmaciones en función de las evidencias que las sustentan (Izquierdo & Alibeiras, 2004). Este enfoque no solo favorece la conexión entre la ciencia y la vida cotidiana, sino que también le permite al estudiantado enfrentarse a problemáticas de relevancia sociocientífica, en un contexto marcado por la proliferación de discursos pseudocientíficos, donde resulta indispensable el desarrollo del pensamiento crítico y la capacidad de cuestionar afirmaciones sin respaldo empírico (Puig et al., 2023). Investigaciones recientes muestran que la promoción de estas prácticas científicas contribuye

a la construcción de conocimiento profundo sobre controversias sociocientíficas, al involucramiento del estudiantado en actividades genuinas de la disciplina, y a la apropiación de saberes, formas de pensar y valores propios de la ciencia (Tena, 2021; Solé et al., 2021).

Así, para promover una enseñanza de las ciencias orientada a la participación en prácticas científicas que llegue al aula escolar, es necesario que el profesorado en formación tenga la oportunidad de aprender estos enfoques didácticos, participando en clases guiadas por dichos enfoques (Garrido et al., 2022; Martínez-Chico et al., 2014; Soto et al., 2024). De esta forma, el profesorado en formación podrá planificar su propia docencia y aproximarse a conocer cómo se podría desenvolver en ella en un futuro cercano (Téllez-Acosta et al., 2024).

Entre los formadores del profesorado, se ha comenzado a incluir cada vez más el Enfoque de Pedagogías de la Práctica en la FID (Grossman et al., 2009) para acercar al profesorado a su rol en el aula. En base a este enfoque, Soto et al. (2025) plantean un modelo para la formación del profesorado de ciencias denominado “Aproximación Progresiva a la Práctica” (APP), el que inspira el trabajo realizado con el profesorado en formación en esta investigación. Esta propuesta contempla 4 etapas.

En la etapa 1 se brindan oportunidades al profesorado en formación de participar como estudiantes en clases guiadas por los enfoques de enseñanza que se espera que posteriormente promuevan en el aula. En la etapa 2, se monitorea la apropiación del enfoque, a través de tareas (p.ej. análisis de materiales didácticos ejemplificadores) que permitan al profesorado identificar criterios para el diseño de sus propias clases. En la etapa 3 el profesorado realiza un diseño o rediseño didáctico en base a lo vivenciado. Finalmente, el proceso concluye con la etapa 4 en la que el profesorado realiza una implementación de su práctica (simulación con pares) para evaluar sus propuestas de diseños.

Todo este proceso se acompaña con una reflexión explícita (Davis, 2003), y con el soporte de que evidencias empíricas actuales muestran que los procesos metacognitivos, como este, generan aprendizajes más profundos (Tuononen et al., 2023).

En el marco de esta investigación, se exploraron las primeras tres etapas del ciclo de APP y se espera analizar cómo el profesorado en formación integra en sus diseños didácticos el enfoque de enseñanza de las ciencias en contextos no formales, y el uso de alguna de las prácticas científicas mencionadas en este marco.

Propuestas de integración disciplinar: ciencias y música/artes

El impacto de la música y las artes en múltiples dimensiones de la vida humana ha cobrado relevancia en las últimas décadas desde campos como las neurociencias, la psicología y la educación (Porflitt & Rosas, 2020). Por ejemplo, desde el área de la investigación en educación musical, se ha evidenciado hace décadas cómo los distintos tipos de entrenamientos musicales fortalecen el desarrollo de habilidades útiles para la vida cotidiana (Singley & Anderson, 1989), destacándose aportes en, al menos, cuatro ámbitos: a) cognitivo

(Porflitt, 2021), b) motricidad fina y gruesa (Chemin et al., 2014), c) social (Álamos, 2019) y d) emocional (Juslin, 2013).

Sin embargo, pese a estas evidencias, los vínculos de las artes y la música con otras áreas del conocimiento, como las ciencias, en el campo educativo siguen siendo limitados y abren una oportunidad de integración disciplinar (Mazas-Gil et al., 2016).

Existen algunos ejemplos en la literatura que brindan antecedentes positivos de la integración disciplinar. Por ejemplo, algunas iniciativas que conectan música y matemática muestran las ventajas de la enseñanza musical para el aprendizaje matemático del estudiantado (Chao-Fernández et al., 2020). Desde la educación musical también se reportan comunidades de aprendizaje en la FID, donde estudiantes de carreras como pedagogía en música o en física mediante actividades de canto, colaboración, lecturas y desarrollo de habilidades musicales, obtienen beneficios educativos, sociales y personales (George et al., 2007). Otros estudios han explorado las percepciones de profesores de física en formación respecto al enfoque didáctico de la modelización y la interdisciplina (física y música) después de vivir en primera persona la implementación de un diseño didáctico orientado en estos enfoques, encontrándose beneficios en dimensiones cognitivas, motoras, sociales y emocionales (Soto & Porflitt, 2024).

La necesidad de tender puentes entre disciplinas adquiere especial atención frente a las cuestiones sociocientíficas que hoy enfrenta la ciudadanía, cómo la importancia de los fenómenos acústicos en la salud física y emocional de los ciudadanos (Rico et al., 2021), cuyo abordaje exige propuestas de acción construidas desde diferentes campos del conocimiento (Araya-Crisóstomo et al., 2019). No obstante, uno de los retos centrales de la integración disciplinar es la diferencia de paradigmas entre disciplinas. De ahí la importancia de acordar consensos conceptuales que expliciten qué se entiende por cada concepto y habilidad desde cada disciplina (Soto & Porflitt, 2024).

Hablar de interdisciplina implica ubicarse en un nivel intermedio de integración: por encima de la multidisciplinariedad (coexistencia de disciplinas) y por debajo de la transdisciplinariedad (superación de fronteras para crear un marco común) (Thompson-Klein, 2010). En la interdisciplinariedad, las disciplinas que interactúan se enriquecen mediante interrelación, intercomunicación e intercambio de conceptos, datos y métodos, lo que permite abordar de manera más adecuada problemas complejos (Araya-Crisóstomo et al., 2019).

En Chile, las investigaciones sobre interdisciplinariedad en contextos de FID de ciencias siguen siendo escasas, lo que evidencia tanto una necesidad como una oportunidad para avanzar en esta línea. Es por ello, que esta investigación explora de qué forma se promueve la integración disciplinar en las secuencias didácticas del profesorado en formación participante.

Métodos

Tipo de investigación y participantes

El diseño de investigación se enmarca en una metodología cualitativa-interpretativa, con la cual se busca conocer en profundidad cuáles son las características y el modelo educativo de las visitas a museos propuestas por el profesorado en formación en primaria y secundaria en sus diseños didácticos. Esta investigación se ha llevado a cabo en dos contextos educativos diferentes. En el primer contexto participaron 15 docentes en formación de primaria que cursaban la asignatura “Didáctica de las Ciencias” durante el curso 2024, en su quinto año del grado de Educación Primaria en una Universidad tradicional chilena. En el segundo contexto participaron 14 docentes en formación de física de secundaria que cursaban la asignatura "Didáctica de la Física" durante el curso 2024, en su cuarto año de la carrera de Pedagogía en Física de la misma casa de estudios.

El estudiantado, a lo largo de la intervención didáctica, trabajó en grupos para promover un modelo de aprendizaje colaborativo. Esta distribución en grupos fomentó el diálogo, la resolución conjunta de problemas y la interpretación compartida de las exhibiciones del museo.

La participación en este estudio fue voluntaria y se obtuvo el consentimiento informado de todo el estudiantado, cumpliendo con el protocolo ético para investigación en ciencias sociales y humanidades.

Intervención didáctica de Aproximación Progresiva a la Práctica (APP)

Para identificar cómo los futuros docentes —de primaria con mención en ciencias y de secundaria en física— incorporan las visitas a museos en sus propuestas de secuencias didácticas, qué prácticas científicas emergen en dichos diseños y de qué forma se promueve la integración disciplinar (entre disciplinas científicas y otras), se realizó una intervención didáctica de APP en ambos contextos (Soto et al., 2025).

En la primera etapa se llevó a cabo una clase en cada uno de los contextos señalados, orientada a introducir al estudiantado en la noción de educación no formal vinculada al aprendizaje de las ciencias. Esta instancia incluyó una exposición breve, discusiones guiadas y espacios de reflexión colectiva acerca del rol de museos y otros entornos no formales como complemento de la educación formal, donde se destacó el rol de los museos y la planificación previa, durante y posterior a una visita, según los hallazgos de Cândido Vendasco et al. (2024). Asimismo, el estudiantado realizó una visita virtual al museo que posteriormente se visitaría (Museo Interactivo Mirador ubicado en la ciudad de Santiago de Chile), a través de una plataforma en línea que simulaba las exhibiciones, con el objetivo de conocerlas y alinear las expectativas previas a la visita.

En la segunda etapa, el estudiantado trabajó en grupos, examinando secuencias didácticas de educación no formal, debatiendo sobre su pertinencia y rediseñando dichas experiencias a la luz de los criterios de diseño presentados en la etapa 1.

Durante la tercera etapa el estudiantado visitó en forma presencial el Museo Interactivo Mirador y posterior a la visita comenzaron la planificación de sus secuencias didácticas. Durante la visita el estudiantado tuvo la posibilidad de recorrer distintas exhibiciones asociadas a áreas temáticas propias de las ciencias y otras, como, por ejemplo, la sala de mecánica, de luz y sonido, de electromagnetismo, entre otras.

Cabe destacar que este museo propicia la integración disciplinar a través de exhibiciones de carácter interdisciplinar, como las presentes en la sala de artes/ciencias o percepciones/ciencias. A lo largo del recorrido, como equipo de investigación se animó al estudiantado a dialogar, escuchar las interpretaciones de sus pares, y finalmente a expresar sus propias ideas.

Posterior a la visita, el estudiantado realizó la planificación de sus propias secuencias didácticas. Se les solicitó, explícitamente, que sus diseños contemplaran actividades a realizar antes, durante y después de la visita al museo, con la intención didáctica de que el museo no debe concebirse como un evento aislado, sino como un proceso pedagógico (Morentin & Guisasola, 2014). Posteriormente se solicitó al estudiantado que sus secuencias promovieran la integración disciplinar entre las ciencias y las artes (visuales o musicales).

Tanto el profesorado en formación de primaria como el de secundaria de didáctica, habían abordado previamente contenidos asociados a las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación dentro de sus cursos. Por este motivo, no se intencionaron en la intervención estos contenidos. La Figura 1 muestra una síntesis del proceso descrito.

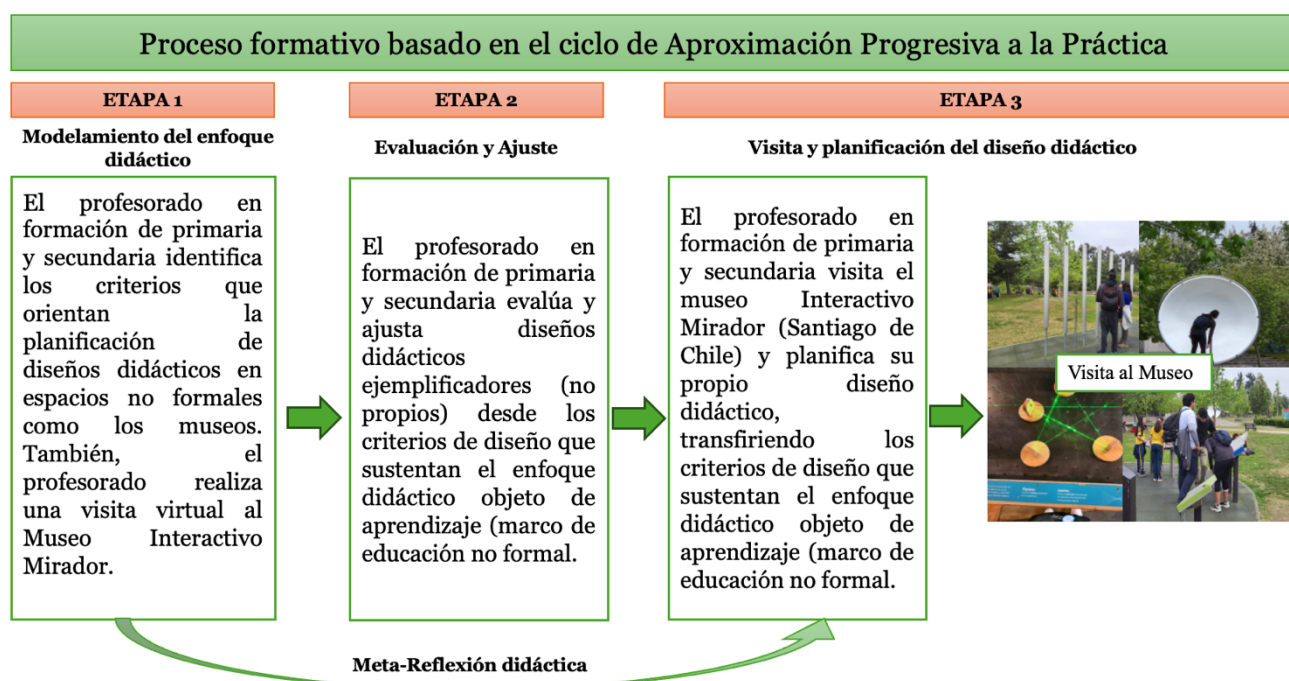


Figura 1. Intervención didáctica inspirada en ciclo de APP.

Fonte: elaborado pelos autores.

Estrategia de recolección y análisis de datos

Las secuencias didácticas elaboradas por el profesorado en formación de primaria y secundaria corresponden al corpus empírico de la presente investigación. En concreto, como ya se ha mencionado, el profesorado en formación trabajó en grupos, obteniéndose nueve secuencias didácticas, las que fueron codificadas como: secuencia didáctica uno (SD1), secuencia didáctica dos (SD2), y así sucesivamente hasta la novena (SD9).

Las secuencias didácticas se analizaron posteriormente para identificar cómo el profesorado en formación incorpora las visitas a museos en ellas, qué prácticas científicas emergen en sus propuestas y de qué forma se promueve la integración disciplinar, entre disciplinas científicas y otras, a través de análisis de contenido (Krippendorff, 1990).

Para identificar cómo el profesorado en formación incorpora las visitas a museos dentro de sus secuencias didácticas utilizamos los criterios de diseño propuestos por Morentin y Guisasola (2014) con base en los lineamientos del grupo GREM, los que nos indican los aspectos básicos que deberían estar presentes en las actividades a realizar antes, durante y posterior a la visita (Allard et al., 1994). En la Tabla 1 se describen dichos criterios.

Tabla 1. Criterios de diseño de actividades en museos para antes, durante y posterior a una visita.

Criterios previos a la salida	Criterios durante la salida	Criterios post salida
Preparar al estudiantado para la actividad, tratando de reducir el factor "novedad" que surge previo a la salida.	Favorecer la comprensión e investigación de aquellas cuestiones relacionadas con el fenómeno científico estudiado. Por lo tanto, el papel del docente debe ser el de mediador.	Promover la solidificación de nuevas ideas y observaciones que el estudiantado aún no ha realizado.
El estudiantado debe comprender el enfoque o propósito de la experiencia.	El conocimiento previo del estudiantado se utiliza para hacer conexiones con la experiencia de la excursión.	Promover la reflexión para construir esas conexiones, así como a reforzar las conexiones exitosas que ya se hicieron en la salida (a partir del análisis y síntesis de lo realizado).
Conectar sus experiencias y conocimientos previos (a partir de preguntas).	Actividades significativas no memorísticas o de apuntes (a partir de la observación de objetos, recolección y análisis de datos).	

En cuanto a la presencia de prácticas científicas en las actividades planificadas por el profesorado en formación, se consideraron las esferas de la ACE (Garrido et al., 2022), es decir, las prácticas científicas de indagación, modelización y argumentación. Para profundizar cómo se han promovido dentro de las secuencias didácticas se consideraron los ciclos propuestos por Jiménez-Liso (2020) para la indagación, por Couso (2020) para la modelización y Jiménez-Aleixandre (2020) para la argumentación. En la tabla 2 se muestran las fases asociadas a cada uno de los ciclos mencionados, y las orientaciones didácticas para que el profesorado promueva cada fase.

Tabla 2. Fases del ciclo de indagación, modelización y argumentación.

Ciclo de indagación (Jiménez-Liso, 2020)	Ciclo de modelización (Couso, 2020)	Ciclo de argumentación (Jiménez-Aleixandre, 2020)
Enganchar/contextualizar: pregunta de engancho no retórica ni de solución obvia, cercana y relevante.	Reconocer la necesidad de un modelo: plantear una situación contextualizada y una pregunta que problematice un fenómeno.	Identificar explicaciones/ opciones alternativas: diseñar proyectos o tareas auténticas.
Expresar y justificar ideas personales: expresión explícita de ideas o hipótesis.	Expresar/usar el modelo inicial: promover el uso y expresión del modelo inicial para describir, predecir o explicar un fenómeno paradigmático.	Generar datos por experimentos u observaciones: guiar el diseño de experimentos u observaciones.
Dar prioridad a las pruebas: planificar, evaluar o desarrollar un diseño para obtener pruebas	Evaluar el modelo: promover el análisis de la adecuación del modelo, facilitando el estudio en profundidad del fenómeno y/o la obtención de pruebas.	Evaluar las alternativas en base a datos generados o secundarios: guiar la interpretación de datos.
Dotar de realismo: recopilar y expresar datos hipotéticos o empíricos suministrados u obtenidos.	Revisar el modelo: facilitar que se compartan y comparen ideas del estudiantado y/o visiones más expertas para orientar los cambios en el modelo.	Identificar las teorías relevantes y elaborar justificaciones: guiar la conexión entre los datos y las teorías.
Evaluar/conectar: buscar pruebas que confirmen o refuten las ideas iniciales.	Consensuar un modelo final: guiar la negociación de un modelo consensuado y su expresión, que facilite la interpretación de nuevos fenómenos.	Evaluar los argumentos opuestos al propio: guiar el uso de criterios para argumentos de calidad.
Construir conocimiento descriptivo: obtener conclusiones y comunicarlas.	Aplicar el modelo final: invitar a usar el modelo final consensuado en la situación problemática inicial y en nuevos fenómenos.	Comunicar de forma clara el argumento: explicitar criterios para una buena comunicación.

Finalmente, para identificar de qué forma se promueve la integración disciplinar se utilizará el marco de Thompson-Klein (2010), que se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3. Nivel de integración disciplinar según Thompson-Klein (2010).

Categoría	Nivel de integración	Propósito
Multidisciplinariedad	Baja	Contribuciones independientes de cada disciplina
Interdisciplinariedad	Parcial	Creación de nuevas perspectivas mediante fusión disciplinar
Transdisciplinariedad	Alta	Desarrollo de marcos comunes orientados a problemas reales

Para garantizar el rigor en el análisis de los datos, cada investigador caracterizó de manera independiente las secuencias didácticas del profesorado en formación, para posteriormente

comparar los resultados obtenidos. Este proceso permitió alcanzar consensos iniciales en torno a un 60% de las caracterizaciones; luego, a través de la discusión entre pares y el establecimiento de criterios comunes, se logró aumentar el nivel de acuerdo con el 90%.

Resultados

Respecto a la planificación de las actividades antes, durante y posterior a la visita

En la tabla 4 se presenta una síntesis de las SD diseñadas por el profesorado en formación, siendo las primeras seis SD propuestas por el profesorado de física de secundaria y las últimas tres SD por el profesorado de ciencias de primaria.

Tabla 4. Descripción de las secuencias didácticas elaboradas por el profesorado en formación.

Secuencia didáctica (SD)	Nivel educativo de la propuesta	Contenido o MCE que promueve la SD	Contexto/fenómeno
SD1	Primero Medio	Ciencias: sonido Música: interpretación musical	Diferencias de sonido en las diferentes barras que componen un xilófono
SD2	Primero Medio	Ciencias: luz	Formación de imágenes en espejos
SD3	Primero Medio	Ciencias: sonido Música: creación musical y percepción musical	Diferencias de sonido en metales de distintas longitudes e incidencia de estos sonidos en sus emociones
SD4	Primero Medio	Ciencias: sonido Música: interpretación musical Artes: Creación de un instrumento	Diferencias de sonidos en distintos instrumentos
SD5	Primero Medio	Ciencias: sonido Artes: experimentación con medios expresivos y procedimientos	Resonancia
SD6	Primero Medio	Ciencias: el ojo humano Artes: diseñar proyectos de artes	Efecto estroboscópico
SD7	Quinto Básico	Ciencias: electricidad y campo magnético	Fenómenos magnéticos a elección de los visitantes.
SD8	Sexto Básico	Ciencias: Transformación de la energía	Ampolleta que se enciende debido a una acción mecánica.
SD9	Sexto Básico	Ciencias: Transformación de la energía	Ampolleta que se enciende debido a una acción mecánica.

Al analizar las SD se puede observar que en el profesorado de física predominan las SD enfocadas en el nivel de primero medio (estudiantado de 14 y 15 años aproximadamente) con énfasis en el MCE de sonido y en una SD en el MCE de luz, donde el profesorado promueve el análisis de fenómenos como la resonancia, el efecto estroboscópico o la incidencia de las longitudes o tipos de materiales en la percepción de un sonido. Mientras que el profesorado de primaria se focaliza en el nivel de quinto y sexto básico (estudiantado de 10, 11 y 12 años aproximadamente) en torno al MCE de energía y una SD que aborda el MCE de electromagnetismo, promoviendo el análisis de fenómenos magnéticos y de transferencias de energía dentro de un sistema.

Por otra parte, respecto al análisis de las nueve SD en torno a la planificación, este revela diferencias en la forma en que se plantean y articulan las fases antes, durante y después de la visita al Museo Interactivo Mirador.

En la fase previa a la salida, si bien la mayoría de las propuestas didácticas incluyen algún tipo de preparación, no siempre se logra reducir de manera efectiva el denominado *factor novedad*. En varios casos (SD 2, 6 y 9) los objetivos de la experiencia son poco explícitos o se abordan de manera superficial, limitándose a mencionar expectativas generales o actividades aisladas. En contraste, otras secuencias (SD 1, 3, 4, 5 y 8) incorporan estrategias más consistentes, como visitas virtuales, la socialización de objetivos o preguntas orientadas a recuperar conocimientos previos, lo que permite una preparación más sólida y una anticipación significativa de la experiencia.

Durante la visita al museo, las SD se caracterizan por favorecer actividades de exploración experimental y no memorísticas, aunque con diferencias en la mediación docente. En varias propuestas (SD 1, 2, 3, 4, 5 y 8) se observa un acompañamiento activo del profesorado, que plantea preguntas orientadoras, fomenta la discusión y ayuda a establecer vínculos con los conocimientos previos. En otras (SD 7), en cambio, la experiencia se centra en la exploración libre guiada por las orientaciones escritas, con una participación docente más reducida. La conexión entre las ideas iniciales del estudiantado y lo vivido en el museo es un elemento clave que se cumple con fuerza en SD 1, 2, 3, 4, 5 y 8, pero se muestra débil o ausente en SD 7 y 9.

Finalmente, en la fase posterior a la visita, los resultados son más heterogéneos. Algunas secuencias (SD 1, 2, 3, 5 y 8) logran consolidar aprendizajes mediante puestas en común, discusiones colectivas o actividades creativas, propiciando la reflexión y la elaboración de nuevas explicaciones. En otras (SD 4, 6, 7 y 9), las acciones posteriores son menos estructuradas y se limitan a producciones individuales, actividades retóricas o tareas prácticas sin instancias de consenso, lo que debilita la construcción colectiva de conocimiento.

Respecto a la promoción de prácticas científicas en las secuencias didácticas

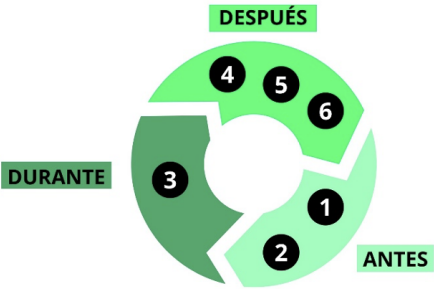
Al realizar un análisis de las SD planificadas por el profesorado en formación de primaria y secundaria, se observa que en la mayoría de los casos no se explicita cuál es la metodología

de trabajo a promover a lo largo de sus propuestas de tres clases, a excepción de dos grupos (SD1 y SD2) quienes declaran explícitamente que su abordaje didáctico es la modelización. Por ejemplo, en la SD1 el profesorado en formación de secundaria declara las ideas claves del modelo de sonido que pretenden promover a través de su SD basándose en la propuesta de Soto y Porflitt (2024). Así mismo adaptan el ciclo de modelización de Couso (2020) señalando que las actividades previas a la salida se asociarán con las fases 1 y 2 (sentir la necesidad de un modelo y expresar un modelo) del ciclo; las actividades durante la visita se centrarán en la fase 3 (evaluar el modelo) y las actividades posteriores a la visita se centrarán en las fases 4, 5 y 6 del ciclo de modelización (revisar, consensuar y aplicar un modelo), tal como se puede observar en la Figura 2.

**Modelo Científico Escolar de Sonido
(SD 1)**

- 1) El sonido es un evento producido por la vibración de un objeto perturbado mecánicamente por la acción de un emisor o fuente de energía.
- 2) Esta perturbación se propaga a través de un medio elástico, transportando energía, pero no materia.
- 3) Durante la propagación de una onda sonora se producen una serie de zonas de compresión, donde las moléculas están más cercanas unas de otras y la presión es más alta, y zonas de descompresión o rarefacción, donde las moléculas se separan y la presión es más baja. Las moléculas de aire vibran, de un lado a otro sobre su posición de equilibrio, a lo largo de la dirección de propagación de la onda (onda longitudinal).
- 4) Las características de la cuerda (material, grosor y tensión), afectan la frecuencia/altura del sonido (física y música respectivamente).

Figura 1. Adaptación del ciclo de modelización propuesto por Couso (2020), modificado a la estructura de enseñanza de las ciencias en contextos no formales para nuestra propuesta. Elaboración propia.



1. Sentir la necesidad de un modelo; 2. Expresar un modelo; 3. Evaluar un modelo; 4. Revisar el modelo; 5. Consensuar un modelo; 6. Aplicar un modelo.

Figura 2. SD de modelización propuesta por el profesorado en formación en la SD 1.
Fuente: elaborado pelos autores.

Tanto la SD1 como la SD2, que propone las fases 1 y 2 para las actividades previas a la salida, las fases 3 y 4 para durante la visita y las fases 5 y 6 para posterior a la visita, logran dar sentido a los criterios de planificación de visitas a museo de Morentin y Guisasola (2014) y del grupo GREM a partir de actividades que logran integrar la expresión de ideas iniciales, la manipulación, obtención y análisis de pruebas experimentales para la comprensión de fenómenos científicos y el involucramiento intelectual del estudiantado para utilizar el conocimiento científico para la generación de descripciones, predicciones y/o explicaciones de los fenómenos en análisis.

Otras secuencias didácticas como las SD3 y SD8, sin declararlo en sus planificaciones, utilizan enfoques didácticos más cercanos al de indagación (Jiménez-Liso, 2020). Por ejemplo, en la SD3, previo a la salida al museo, se propone que el estudiantado exprese y justifique sus ideas personales (fase 2) a través de preguntas como: “¿Qué emociones te genera escuchar un sonido fuerte o intenso, como una sirena o una explosión?”, “¿Alguna vez has notado que

ciertos sonidos te relaján mientras que otros te ponen nervioso? ¿Por qué crees que pasa esto?” Luego, se propone que el estudiantado escuche una serie de sonidos e identifique y comparta cómo cada sonido les hace sentir y el por qué, intentando promover que relacionen sus respuestas con las cualidades del sonido (intensidad, tono/altura, timbre y duración). Durante la salida, se promueve que el estudiantado recopile y exprese datos hipotéticos o empíricos suministrados u obtenidos (fase 4) para ello exploran, manipulan y piensan en torno a las exhibiciones del “jardín de sonidos” y discuten con sus pares preguntas como: *“¿Crees que las características de la onda del sonido influyen en las emociones que te generaron los sonidos que escuchaste? Fundamenta utilizando las características del sonido (Longitud de onda, frecuencia, amplitud, tono, intensidad)”*, *“¿Por qué sonaban distintos los metales de distintas longitudes? ¿Cuáles sonaban más graves o agudos?”*. Posterior a la visita, se promueve construir conocimiento descriptivo: obtener conclusiones y comunicarlas (fase 6) a través de una puesta en común. De forma similar se procede en la SD8, sin embargo, la SD3 en esta fase final de la planificación vincula su modelo de indagación con una actividad de aprendizaje basado en proyectos donde el estudiantado realiza una creación musical que le permita expresar las emociones que están sintiendo los integrantes del grupo.

Por otra parte, las secuencias didácticas SD4, SD5 y SD6, también sin declararlo, utilizan una mezcla de enfoques, visualizándose la presencia de las fases 1 y 2 del ciclo de modelización principalmente en actividades antes de la salida; la fase 3 del mismo ciclo durante la salida y posterior a la salida la realización de un proyecto. Es importante mencionar que existe una similitud entre las actividades de inicio y durante la salida de las SD recién mencionadas (SD4, SD5, SD6) y las indagatorias anteriormente expuestas (SD3 y SD8). Sin embargo, la diferencia principal se asocia a la fuerte componente disciplinar que incluyen las SD orientadas a la modelización por sobre las orientadas a la indagación, las cuáles plantean preguntas abiertas que tributan sobre todo a la explicación o generalización de fenómenos, mientras que las SD indagatorias se focalizan más en la observación y descripción de éstos.

Respecto a los proyectos, la SD4 promueve la creación de una zampoña (instrumento musical de viento) para analizar cómo el largo de los tubos incide en el tono que se escucha. La SD5 plantea la creación de figuras de Chladni, que son patrones de polvo que se generan sobre placas excitadas mediante sonido, producto de fenómenos de resonancia. Y la SD6 propone el desarrollo de una exposición artística para mostrar cómo la industria cinematográfica ha utilizado a lo largo de la historia el efecto estroboscópico para dar origen a películas animadas.

Finalmente, las secuencias didácticas SD7 y SD9 fueron identificadas como las más débiles al no promover ningún enfoque didáctico y proponer actividades de tipo tradicional. En ambos casos en las actividades previas a la salida se propone exponer el contenido científico para que el estudiantado tenga conocimientos sobre lo que va a observar en el museo. Durante la salida, ambas secuencias promueven la manipulación y exploración libre sobre las exhibiciones y en algunos casos se les solicita dibujar una exhibición y describirla. Posterior a la salida, ambas SD proponen reforzar los contenidos estudiados. Un elemento destacable en ambas SD, pese a su enfoque tradicional, es que se visualiza una intención de promover la

metacognición del estudiantado a través de preguntas que permiten reflexionar en torno a aquellos aspectos que el estudiante declara haber aprendido mejor o sobre aquellos donde evidencia dificultades de aprendizaje.

Se observa que ninguna de las SD promueve un enfoque didáctico de argumentación científica.

Respecto a la promoción de la integración disciplinar en las secuencias didácticas

Al analizar las descripciones de las SD presentadas anteriormente en la Tabla 4 se puede observar que cinco de las nueve SD planteadas por el profesorado en formación promueven un enfoque de integración disciplinar. Todas estas SD corresponden a diseños elaborados por el profesorado de secundaria en formación.

A partir de la clasificación de Thompson-Klein (2010) podemos clasificar a estas cinco SD con un enfoque de multidisciplinariedad, es decir, SD donde las ciencias y la música o las artes visuales realizan contribuciones independientes al aprendizaje del estudiantado.

Por una parte, las SD 1, 4, 5 y 6 se caracterizan por estar asociadas a la práctica científica de modelización y por consecuencia promueven con fuerza la construcción de conocimiento científico: MCE de sonido o luz. Mientras que la SD3, vinculada a la práctica científica de indagación, aunque aborda un conocimiento científico, se centra en la identificación de variables que inciden en la percepción que tenemos de un sonido. En ese sentido, las cinco SD promueven la construcción de conocimientos y/o habilidades, cumpliendo con los requerimientos curriculares del contexto chileno.

Por otra parte, desde la perspectiva de las artes visuales y musicales, el currículo chileno también propone el abordaje de contenidos y habilidades (MINEDUC, 2018). Un ejemplo de contenidos en música es: las notas musicales, mientras que un ejemplo de habilidad es interpretar o hacer una creación musical. Desde esta perspectiva, las cinco SD sólo favorecen el desarrollo de habilidades.

Realizando un análisis crítico, se observa que las cinco SD favorecen la construcción de contenidos y habilidades en las etapas antes, durante y posterior a una visita en el área de ciencias, sin embargo, no ocurre lo mismo en las artes visuales y musicales. Se observa sólo que la SD3 favorece la promoción de habilidades y contenidos en ciencias y de habilidades en música en las tres etapas de planificación, mientras que las SD 1, 4, 5 y 6 sobre todo promueven habilidades musicales y/o artísticas en la fase posterior a la visita, dando a entender que este tipo de habilidades se desarrollan en forma genuina, sin un trabajo previo. Asumiendo que es simple para el estudiantado realizar una interpretación o una creación musical sin fundamentos disciplinares que den sustento a esta actividad.

Discusión de resultados y conclusiones

Esta investigación ha permitido caracterizar las actividades de las SD que propone el profesorado en formación de primaria y secundaria, para favorecer los espacios de educación

no formal en museos de ciencia, elaboradas después de participar de un proceso formativo de Aproximación Progresiva a la Práctica (APP).

Los resultados muestran que la incorporación de visitas a museos en la formación inicial docente constituye una oportunidad relevante para favorecer prácticas científicas auténticas y aproximar al profesorado en formación a experiencias de enseñanza y aprendizaje que trasciendan el aula escolar. Sin embargo, también se identifican tensiones y limitaciones que orientan desafíos futuros.

En primer lugar, se observa que las SD elaboradas logran, en distintos grados, articular actividades antes, durante y después de la visita, lo que confirma la importancia de planificar estos espacios como procesos pedagógicos y no como eventos aislados (Moretin & Guisasola, 2014; Soto-Lombana & Angulo-Delgado, 2025). No obstante, persisten debilidades en las fases de preparación y cierre, donde los objetivos de la salida suelen ser poco explícitos y las instancias de reflexión carecen de componentes metacognitivos que favorezcan la regulación del estudiantado, lo que fragmenta el potencial educativo del museo, concordando con los hallazgos de Cândido Vendas et al. (2024). Algunas de las razones asociadas a estas dificultades se pueden asociar a las limitaciones de tiempo, la necesidad de cubrir un corpus amplio de contenido y la falta de espacios de formación docente para diseñar actividades en el marco de los museos (Anderson et al., 2006; DeWitt y Storksdieck, 2010). Estas oportunidades (o los reportes de resultados relacionados a ellas) son particularmente escasas en contextos latinoamericanos (Monteiro et al., 2016; Pugliese & Marandino, 2015; Soto-Lombana & Angulo-Delgado, 2025).

En segundo lugar, respecto de las prácticas científicas promovidas, se evidencia que en secundaria predomina el uso de la modelización y en primaria el de la indagación, mientras que la argumentación científica aparece ausente en ambos contextos formativos. Este resultado es coherente con hallazgos de otros estudios como el de Garrido et al. (2022), donde se evidencia que el profesorado de primaria tiende a dar valor a actividades de tipo experimental, por la oportunidad que brindan de “observar el fenómeno con nuestros propios ojos”, mientras que el profesorado de secundaria también le da valor a estas prácticas, pero también le da relevancia a la construcción del conocimiento científico. La carencia de prácticas científicas de argumentación releva la necesidad de un mayor énfasis en la FID para integrarla como una práctica central de la ACE, dado su potencial para fomentar pensamiento crítico y la toma de decisiones fundamentadas en evidencias (Puig et al., 2023).

En tercer lugar, la integración disciplinar aparece principalmente desde la perspectiva de multidisciplinariedad, donde ciencias y artes (musicales o visuales) aportan de manera independiente al proceso de aprendizaje, concordando con modelos como Porflitt et al. (2024). Aunque este enfoque constituye un primer paso hacia la interdisciplina, se requiere avanzar hacia propuestas que promuevan una auténtica interrelación de conocimientos y habilidades, para favorecer tanto la comprensión de fenómenos científicos como el desarrollo de habilidades artísticas y/musicales, superando la visión instrumental de estas últimas como complemento o accesorio dentro de una SD.

Para aprovechar plenamente el potencial de los museos, se requiere que los programas de FID incorporen experiencias sistemáticas en estos espacios, articuladas con los marcos didácticos contemporáneos que promueven la alfabetización científica crítica (Sjöström & Eilks, 2018). Ello permitiría que el futuro profesorado no solo reconozca el valor educativo de los museos, sino que además desarrollen competencias para diseñar propuestas interdisciplinarias orientadas a la participación del estudiantado en prácticas científicas auténticas, como las que plantean Soto y Porflitt (2024).

Asimismo, consideramos que es recomendable realizar formaciones iniciales docentes como la que hemos analizado, ya que el Ciclo de APP parece favorecer la apropiación de una manera de diseñar clases concordante con la participación que han tenido los profesores dentro de la propuesta formativa. Esto es coherente con los estudios de Davis (2003), Martínez-Chico et al. (2014) y Garrido et al. (2022), quienes destacan la relevancia de que el profesorado vivencie las experiencias de aula que posteriormente se pretende que promueva en el aula. Además, incluir procesos reflexivos donde se aborden las tensiones didácticas que hemos identificado dará aún más valor a experiencias de este tipo.

Si bien consideramos relevantes las contribuciones de esta investigación, es necesario reconocer algunas limitaciones. La muestra fue pequeña (9 SD), lo que limita la generalización de los resultados. Si bien la homogeneidad de los participantes (todos chilenos, de una misma institución y con los mismos aprendizajes previos) permitió centrarse en la caracterización de sus SD, también limitó la capacidad de explorar otros contextos formativos. Además, considerando que los datos fueron las SD escritas implica que el análisis refleja un quehacer pedagógico proyectado en lugar de prácticas de aula observadas. Finalmente, el estudio examinó una sola visita a un museo, lo que podría no capturar la gama completa de posibilidades de espacios de educación no formal no explorados.

Agradecimientos

Al profesorado en formación que decidió participar de esta investigación.

Referencias

- Álamos, J. (2019). Música en la vida de los adolescentes: una aproximación a las implicancias pedagógicas que poseen las preferencias musicales de los jóvenes para el aula de Educación Musical en Enseñanza Media. *Revista Actos*, 1(1), 88-101. <https://doi.org/10.25074/actos.v1i1.1232>
- Allard, M., Boucher, S., & Forest, L. (1994). The museum and the school. *McGill Journal of Education*, 29(2), 197-212. <https://doi.org/10.1038/144089a0>
- Anderson, D., Kisiel, J., & Storksdieck, M. (2006). Understanding teachers' perspectives on field trips: Discovering common ground in three countries. *Curator: The Museum Journal*, 49(3), 365-386. <https://doi.org/10.1111/j.2151-6952.2006.tb00229.x>
- Araya Crisóstomo, S., Monzón Godoy, V. H., & Infante Malachias, M. E. (2019). Interdisciplinariedad en palabras del profesor de biología: De la comprensión teórica a la práctica educativa. *Revista mexicana de investigación educativa*, 24(81), 403-429.

- Behrendt, M., & Franklin, T. (2014). A review of research on school field trips and their value in education. *International Journal of Environmental and Science Education*, 9(3), 235-245. [10.12973/ijese.2014.213a](https://doi.org/10.12973/ijese.2014.213a)
- Cândido Vendasco, N., Marzabal, A., & Pugliese, A. (2024). Towards responsive mediations in guided visits to non-formal science education settings. *Studies in Science Education*, 60(1), 45-74. <https://doi.org/10.1080/03057267.2022.2156198>
- Chao-Fernández, A., Mato-Vázquez, D., & Chao-Fernández, R. (2020). Influence of musical learning in the acquisition of mathematical skills in primary school. *Mathematics*, 8(11), 1-13. <https://doi.org/10.3390/math8112003>
- Chemin, B., Mourax, A., & Nozaradan, S. (2014). Body Movement Selectively Shapes the Neural Representation of musical Rhythms. *Psychological Sciences*, 25(12), 2147-2159. <https://doi.org/10.1177/0956797614551161>
- Cofré, H., Camacho, J., Galaz, A., Jiménez, J., Santibáñez, D., & 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://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052010000200016>
- Couso, D. (2020). Aprender ciencia escolar implica construir modelos cada vez más sofisticados de los fenómenos del mundo. En Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. & Sacristán, J.A. (Coords) (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundacion Lilly. Madrid: Penguin Random House.
- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiel, J., & Melber, L. M. (2003). Investigation of guided school tours, student learning, and science reform recommendations at a museum of natural history. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 200–218. <https://doi.org/10.1002/tea.10072>
- Davis, K. S. (2003). «Change is hard»: What science teachers are telling us about reform and teacher learning of innovative practices. *Science Education*, 87(1), 3-30. <https://doi.org/10.1002/sce.10037>
- DeWitt, J., & Osborne, J. (2007). Supporting teachers on science-focused school trips: Towards an integrated framework of theory and practice. *International Journal of Science Education*, 29(6), 685–710. <https://doi.org/10.1080/09500690600802254>
- Dillon & Avraamidou (2021, 20 May). *It's time to rethink science education*. <https://edu.rsc.org/opinion/science-education-has-failed/4013474.article>
- Doménech-Casal, J. (2018). Comprender, Decidir y Actuar: una propuesta-marco de Competencia Científica para la Ciudadanía. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 15(1), 110501-110512. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.25267/RevEurekaensendivulgcienc.2018.v15.i1.1105>
- Duschl, R. A. y Grandy, R. E. (2008). *Teaching Scientific Inquiry: Recommendations for Research and Implementation*. Rotterdam, Países Bajos: Sense Publishers.
- Fensham, P. J. (2022). The future curriculum for school science: What can be learnt from the past? *Research in Science Education*, 52(Suppl. 1), 81-102. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10090-6>
- Garrido, A., Soto, M., & Couso, D. (2022). Formación inicial de docentes de ciencia: posibles aportes y tensiones de la modelización. *Enseñanza de las Ciencias. Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 40(1), 87-105. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3286>
- George, D., Stickle, R., & Wopnford, A. (2007). The association between types of music enjoyed and cognitive, behavioral, and personality factors of those who listen. *Psychomusicology: A Journal of Research in Music Cognition*, 19(2), 32-56. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/h0094035>
- Grossman, P., Hammerness, K., & McDonald, M. (2009). Redefining teaching, re-imagining teacher education. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 15(2), 273-289. <https://doi.org/10.1080/13540600902875340>
- Hine, A., & Medvecky, F. (2015). Unfinished science in museums: A push for critical science literacy. *Journal of Science Communication*, 14(2), 1–14. <https://doi.org/10.22323/2.14020204>

- Idema, J. L., & Daniel, K. L. (2023). Socioscientific Issues and the Potential for Fostering Engagement Through Exhibits. In *How People Learn in Informal Science Environments* (p. 271-297). Cham: Springer International Publishing.
- Izquierdo, M., & Aliberas, J. (2004). *Pensar, escriure y actuar a la classe de ciències. Per un ensenyament de les ciències racional i raonable*. Cerdanyola: Servei Publicacions, UAB.
- Jiménez Aleixandre, M. (2020). ¿Cómo sabemos lo que sabemos? Mediante la argumentación y el uso de pruebas, herramientas para aprender y desarrollar el pensamiento crítico. En Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. & Sacristán, J.A. (Coords) (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundacion Lilly. Madrid: Penguin Random House.
- Jiménez-Liso, M. (2020). Aprender ciencia escolar implica aprender a buscar pruebas para construir conocimiento (indagación). En Couso, D., Jimenez-Liso, M.R., Refojo, C. & Sacristán, J.A. (Coords) (2020) *Enseñando Ciencia con Ciencia*. FECYT & Fundacion Lilly. Madrid: Penguin Random House.
- Juslin, P. (2013). From everyday emotions to aesthetic emotions: Towards a unified theory of musical emotions. *Physics of Life Reviews*, 10(3). 235-266. <http://dx.doi.org/10.1016/j.plrev.2013.05.008>
- Krippendorff, K. (1990). *Metodología de análisis de contenido: Teoría y práctica*. Paidós.
- Marandino, M., Pedretti, E., & Navas Iannini, A. M. (2023). Representing biodiversity in science museums: Perspectives from an STSE lens. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, 13(4), 362-380. <https://doi.org/10.1080/21548455.2023.2179381>
- Marzábal, A., & Vanegas, C. (2021). Fortalecimiento de la relación teoría práctica en la formación inicial de profesores de ciencia. En Marzábal, A. y Merino, C. (Eds). *Investigación en educación científica en Chile ¿Dónde estamos y hacia dónde vamos?* Ediciones Universitarias de Valparaíso.
- Mazas Gil, B., Bravo, B., Zarza, F., & De Echave, A. (2016). Música y ciencia: Un estudio de actitudes en estudiantes de Magisterio de Educación Primaria. *ReiDoCrea*, 5, 177-184. <http://dx.doi.org/10.30827/Digibug.42188>
- Mazzitelli, C. A., Zorrilla, E. G., Soto-Lombana, C. A., & Cardona Arango, V. (2026). Reflexionando sobre la práctica pedagógica de futuros docentes de ciencias en el museo. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 23(1), 1603. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1603
- MINEDUC (2018). *Bases Curriculares 1° a 6° básico*. Unidad de Currículum y Evaluación.
- MINEDUC (2019). *Bases Curriculares 3° y 4° medio*. Unidad de Currículum y Evaluación.
- MINEDUC (2024). *Consulta Bases Curriculares 1° básico a 2° medio*. Unidad de Currículum y Evaluación.
- MINCAP y MINEDUC (2024). *Política de Educación Artística 2024-2029*. Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio. Ministerio de Educación. Chile.
- Monteiro, B. A. P., Martins, I., de Souza Janerine, A., & de Carvalho, F. C. (2016). The issue of the arrangement of new environments for science education through collaborative actions between schools, museums and science centres in the Brazilian context of teacher training. *Cultural Studies of Science Education*, 11(2), 419-437. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9638-4>
- Morentin, M., & Guisasola, J. (2014). The role of science museum field trips in the primary teacher preparation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(5), 965-990. <https://doi.org/10.1007/s10763-014-9522-4>
- Navas Iannini, A. M. (2023). Socioscientific issues in science exhibitions: Examining contributions of the informal science education sector. *Journal of Science Communication*, 22(2), 1-21. <https://doi.org/10.22323/2.22020202>
- Oliveira, I. S., & Marandino, M. (2024). Alfabetização científica, espaços de educação não formal e formação de professores: reflexões a partir de um curso de extensão. *Revista Internacional de Formação de Professores*, e024009. <https://periodicoscientificos.itp.ifsp.edu.br/index.php/rifp/article/view/1929>

- Osborne, J. (2014). Teaching Scientific Practices: Meeting the Challenge of Change. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 177-196. <https://doi.org/10.1007/s10972-014-9384-1>
- Pedretti, E., & Iannini, A. M. N. (2020). Towards fourth-generation science museums: Changing goals, changing roles. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 20(4), 700–714. <https://doi.org/10.1007/s42330-020-00128-0>
- Porflitt, F. & Rosas, R. (2020). Musical Sophistication explains a good deal of cognitive performance. A cross-sectional study of musicians and non-musicians. *Resonancias*, 24(47), 147-167. <https://doi.org/10.7764/res.2020.47.9>
- Porflitt, F. (2021). Música y transferencia de habilidades: revisión bibliográfica descriptiva para el siglo XXI. *Revista Musical Chilena*, 75(235), 177–200. <https://doi.org/10.4067/S0716-27902021000100177>
- Porflitt, F., Jeldres, R., & Norero, A. (2024). Validación de un modelo de enseñanza musical para la educación en general. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1–19. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-1050>
- Pugliese, A., & Marandino, M. (2015). Os museus de ciências como componente curricular dos cursos de licenciatura: uma análise sociológica. *Anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, SP, 10.
- Puig, B., Blanco-Anaya, P., & Bargiela, I. M. (2023). Integrar el Pensamiento Crítico en la Educación Científica en la Era de la Post-verdad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(3), 1-17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i3.3301
- Rico, A., Ruiz-González, A., Azula, O., & Guisasola, J. (2021). Dificultades de aprendizaje del modelo de sonido: una revisión de la literatura. *Enseñanza de las Ciencias*, 39(2), 5-23. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3217>
- Singley, M., & Anderson, J. (1989). *The transfer of cognitive skill*. Harvard University Press.
- Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. *Cognition, metacognition, and culture in STEM education*. (p. 65-88). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_16
- Solé, C., Couso, D., & Rodríguez, M. I. H. (2021). Ideas del alumnado sobre la materia en el fenómeno de la contaminación atmosférica. In *Actas electrónicas del XI Congreso Internacional en Investigación en Didáctica de las Ciencias 2021: Aportaciones de la educación científica para un mundo sostenible* (p. 2125-2128). Universidad de Valencia= Universitat de València.
- Soto, M., y Porflitt, F. (2024). Resultados de una intervención orientada a la modelización entre Física-Música en formación inicial docente. *Revista Iberoamericana de Educación*, 94(1), 115-136. <https://doi.org/10.35362/rie9415937>
- Soto, M., Vergara, C., Vélez, A., Valenzuela, J., & Fernández, N. (2025). Caracterización de las prácticas modelizadoras presentes en los diseños didácticos del futuro profesorado de Física. *Aula Abierta*, 54(4), 447-460. <https://doi.org/10.17811/rifie.21806>
- Soto-Lombana, C. A., Angulo-Delgado, F., & Rickenmann, R. (2011). Un programa de formación continua con profesores de ciencias en el contexto de la relación Museo-Escuela. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (29), 85-97. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/6142/614265298006.pdf>
- Soto-Lombana, C. A., Angulo-Delgado, F., Runge-Peña, A. K., & Rendón-Urbe, M. A. (2013). Pensar la institución museística en términos de institución educativa y cultural, el caso del Museo de Antioquia. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 11(2), 819-833.
- Soto-Lombana, C. A. y Angulo-Delgado, F. (2025). La relación museo-escuela en la formación inicial de profesores. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (57), 216–233. <https://doi.org/10.17227/ted.num57-20250>
- Téllez-Acosta, M. E., Acher, A., y McDonald, S. P. (2024). Pre-service elementary teachers learning to plan modeling-based investigations. *Journal of Science Teacher Education*, 35(3), 276-301. <https://doi.org/10.1080/1046560X.2023.2256563>

- Tena, È. (2021). ¿Está contaminado el aire de la escuela? Una propuesta de indagación basada en la modelización para el aula de primaria. *Ápice*, 5(2), 87-97.
<https://doi.org/10.17979/arec.2021.5.2.7613>
- Tran, L. U., & Halversen, C. (2021). *Reflecting on practice for STEM educators: A guide for museums, out-of-school, and other informal settings*. Routledge.
- Tuononen, T., Hyytinen, H., Räisänen, M., Hailikari, T., & Parpala, A. (2023). Metacognitive awareness in relation to university students' learning profiles. *Metacognition and Learning*, 18(1), 37–54.
<https://doi.org/10.1007/s11409-022-09314-x>
- Yun, A., Shi, C., & Jun, B. G. (2022). Dealing with Socio-Scientific issues in Science Exhibition: A literature review. *Research in Science Education*, 52(1), 99-110. <https://doi.org/10.1007/s11165-020-09930-0>