

Las estrategias didácticas compartidas entre la educación científica y la educación ambiental en la formación inicial de maestros

Roberto Arias Arce 

Departamento de Estudios Pedagógicos. Universidad de Chile. Chile. roberto.arias@uchile.cl

Neus Banqué Martínez 

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat Autònoma de Barcelona. España. neus.blanque@uab.cat

Genina Calafell Subirá 

Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals. Universitat de Barcelona. España. genina.calafell@ub.edu

[Recibido: 15 febrero 2025; Revisado: 9 junio 2025; Aceptado: 24 julio 2025]

Resumen: Este artículo analiza las estrategias didácticas emergentes en un curso formativo sobre educación científica (EC) y educación ambiental (EA) dirigido a futuros maestros en Chile. Partiendo del marco de la sostenibilidad y la Agenda 2030, la investigación se fundamenta en tres dimensiones clave compartidas por la EC y la EA: la indagación científica, la confrontación de saberes y la alfabetización científica. La metodología se basa en un estudio de caso instrumental, de carácter cualitativo, centrado en las narrativas reflexivas de 15 estudiantes de Pedagogía en Educación Básica participantes en un curso complementario con salidas de campo. El análisis temático revela una fuerte presencia de estrategias vinculadas a la confrontación de saberes, seguidas de la indagación, mientras que la alfabetización científica, especialmente en sus dimensiones transformadora y activista, aparece menos desarrollada. A lo largo del curso se observa una evolución hacia un mayor reconocimiento del valor conceptual de la indagación. Se concluye que la conexión entre EC y EA puede enriquecer la formación docente inicial, favoreciendo una educación más coherente con los retos actuales de sostenibilidad.

Palabras clave: Estrategias didácticas, Formación de profesores, Educación Científica, Educación Ambiental, Curso formativo.

Shared teaching strategies between Science Education and Environmental Education in initial teacher training

Abstract: This article analyzes emerging teaching strategies in a training course on science education (SE) and environmental education (EE) for future teachers in Chile. Based on the framework of sustainability and the 2030 Agenda, the research is grounded in three key dimensions shared by SE and EE: scientific inquiry, the comparison of knowledge, and scientific literacy. The methodology is based on a qualitative, instrumental case study focused on the reflective narratives of 15 Basic Education Pedagogy students participating in a complementary course with field trips. The thematic analysis reveals a strong presence of strategies linked to the comparison of knowledge, followed by inquiry, while scientific literacy, especially in its transformative and activist dimensions, appears less developed. Throughout the course, an evolution toward greater recognition of the conceptual value of inquiry is observed. It is concluded that the connection between EC and EA can enrich initial teacher training, promoting an education more consistent with current sustainability challenges.

Keywords: Teaching strategies, Teacher education, Science education, Environmental education, Training course.

Para citar este artículo: Arias-Arce, R., Banqué-Martínez, N. y Calafell-Subirá, G. (2025). Las estrategias didácticas compartidas entre la educación científica y la educación ambiental en la formación inicial de maestros. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 22(3), 3601.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i3.3601

Introducción

Las evidencias de desequilibrio en los ecosistemas, así como variaciones en los patrones climáticos y el desplazamiento de poblaciones, son parte de las problemáticas planetarias a las que nos enfrentamos (Ripple, et al., 2017; IPCC, 2023). La educación es un pilar esencial para lograr un mundo más sostenible como ya identificó Meadows (1999) y cobra mayor relevancia ante la creciente urgencia y reconocimiento de los problemas de sostenibilidad del planeta (IPCC, 2023), lo que refuerza la necesidad de la educación para abordarlos (Sterling, 2024). En este escenario, la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (ONU, 2015) sitúa la educación como una herramienta estratégica para alcanzar los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente el ODS 4, que promueve una educación de calidad, inclusiva y equitativa. También en esta línea, la Comisión Europea ha desarrollado el GreenComp (Bianchi, et al., 2022), que identifica cuatro áreas clave: incorporar valores de sostenibilidad, asumir la complejidad de la sostenibilidad, prever futuros sostenibles y actuar para la sostenibilidad. Estas competencias se traducen, en el ámbito educativo, en la necesidad de transformar las prácticas pedagógicas tradicionales hacia modelos más activos, reflexivos y orientados a la acción.

A partir de esta visión transformadora, surge la necesidad de dotar a los ciudadanos —y en particular a los futuros maestros— de competencias clave para la sostenibilidad, que les permitan comprender la complejidad de los retos actuales y actuar de forma crítica y comprometida (UNESCO, 2020). Una oportunidad que brindan los ODS, según García-González, Jiménez-Fontana y Azcárate (2020), para introducir la sostenibilidad en la formación de maestros para trabajar las cuestiones ambientales y sociales, introducir conocimientos, habilidades, valores y metodologías para formar a la nueva ciudadanía. La EA se convierte en una propuesta clave para ello, sin embargo, su incorporación real en los contextos escolares y en la formación inicial de maestros continúa siendo un reto, especialmente por la tendencia a tratar la EA como un contenido marginal o transversal sin un desarrollo epistemológico y didáctico propio (González-Gaudiano, et al. 2020). Uno de los grandes desafíos de la EA en el ámbito escolar es su frecuente dependencia de otras disciplinas para ser considerada legítima en el currículum y no como una disciplina propia. Desde esta óptica, tradicionalmente la EC ha sido una aliada de la EA ya que ambas pueden compartir objetivos formativos como es el desarrollo del pensamiento crítico, la construcción de conocimiento desde la investigación, la comprensión de fenómenos complejos y la búsqueda de metodologías en las que se conecta la realidad con las aulas, a través por ejemplo de problemas socioambientales.

Marco teórico

La EA ha evolucionado desde enfoques naturalistas y conservacionistas hacia una perspectiva más crítica, sistémica y transformadora, en línea con los desafíos socioambientales actuales. En esta evolución, la EA ha incorporado una visión del mundo que promueve el pensamiento complejo, el cuestionamiento del modelo socioeconómico dominante y la construcción de nuevas formas de relación entre sociedad y naturaleza (Bonil, Junyent y Pujol, 2010; Sauvé, 2010). Des-

de esta óptica, la EA no debe limitarse a la transmisión de información ni a la promoción de conductas individuales descontextualizadas, sino que debe contribuir al desarrollo de una ciudadanía crítica, capaz de analizar y actuar sobre las problemáticas ambientales desde una perspectiva ética, política y transformadora (Gil y Vilches, 2006; Herrero, 2013). Macintyre et al. (2024), dan un paso más allá en su reflexión sobre los 50 años de la educación ambiental, aludiendo a la necesidad de transformar el rol de los docentes, la formación del profesorado, la incorporación de pedagogías críticas y de resistencia frente a la homogeneización y la colonización de formas de pensar, valorar y actuar. En esta línea, la didáctica de la EA se debería vincular con procesos de aprendizaje que fomenten la participación, la indagación, la construcción colectiva del conocimiento y la acción comprometida (Calafell, Bonil y Junyent, 2015) y la incorporación de la perspectiva de la complejidad como un elemento esencial para trabajar de forma interrelacionada, reconociendo la incertidumbre, los múltiples niveles de análisis y la necesidad de enfoques contextualizados (Morin, 1999; Calafell y Junyent, 2017).

En coherencia con este enfoque, resulta necesario plantear diversidad de estrategias didácticas que favorezcan la participación del alumnado, la construcción de conocimiento significativo y el compromiso con el entorno. Estas estrategias pueden incluir metodologías activas, trabajo cooperativo, resolución de problemas, aprendizaje servicio o aprendizaje basado en proyectos. Dentro de este abanico de estrategias, los itinerarios didácticos adquieren especial valor por su capacidad para conectar el conocimiento escolar con el territorio, fomentar el vínculo afectivo con la naturaleza y generar aprendizajes significativos desde la vivencia (Alcántara y Medina, 2019).

En paralelo, la EC ha ido evolucionando desde modelos centrados en la transmisión de contenidos hacia enfoques más dialógicos, investigativos y contextualizados, que conciben la ciencia como una construcción humana y social, cargada de valores y controversias (Adúriz-Bravo, 2001). Este cambio implica replantear los objetivos tradicionales de la enseñanza de las ciencias, priorizando no solo la adquisición de conocimientos, sino la formación de una ciudadanía crítica y comprometida, capaz de participar en decisiones informadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas (Gil y Vilches, 2006). En este marco, la indagación científica se ha consolidado como una estrategia clave ya que permite que el alumnado se involucre en procesos similares a los de la práctica científica real: formular preguntas, diseñar investigaciones, analizar datos, construir modelos y argumentar en base a evidencias (Domènech-Casal et. al., 2022). Esta aproximación no solo mejora la comprensión de los conceptos, sino que desarrolla competencias esenciales como el pensamiento crítico, la creatividad y la toma de decisiones responsables —todas ellas alineadas con los objetivos de la EA.

Pese a su potencial, la enseñanza de las ciencias basada en indagación sigue siendo un desafío en la formación inicial docente. La falta de formación específica en ciencias por parte del profesorado generalista, junto con enfoques metodológicos tradicionales aún vigentes, limita la implementación efectiva de prácticas investigativas en el aula (Nicolás-Castellano, et. al. 2023). Esta situación subraya la necesidad de diseñar propuestas formativas que no solo expliquen qué es enseñar por indagación, sino que permitan vivenciar, experimentar y reflexionar sobre este enfoque

desde la práctica y la contextualización de la ciencia en la realidad, un reto que puede ser superado con la alianza de la EC con la EA.

La educación ambiental y la educación científica: hacia un marco común

Si bien la EA y la EC han recorrido trayectorias distintas, en la actualidad convergen en varios puntos fundamentales que permiten articular un marco común para la formación inicial docente. La EA y la EC desde la perspectiva de la complejidad y la acción transformadora comparten un enfoque epistemológico, unos contenidos científicos escolares, unas estrategias educativas y un enfoque pedagógico (Watanabe, Calafell y Rodríguez, 2022). En concreto, en la formación docente, EC y EA comparten al menos tres características, la indagación, la confrontación de saberes y la alfabetización científica, que desde una perspectiva didáctica y epistemológica contribuyen a una educación contextualizada, compleja y transformadora.

La indagación, más allá de una técnica, se convierte para la EC y la EA en un enfoque pedagógico que promueve la curiosidad, el cuestionamiento y la construcción activa del conocimiento. En el marco de la EC y la EA, permite abordar problemas reales desde una perspectiva crítica, integrando datos, contextos y valores en el análisis (Domènech-Casal et. al., 2022). También, permite a los estudiantes implicarse activamente en la comprensión de fenómenos complejos, conectando teoría y práctica, contexto y acción.

La confrontación de saberes hace referencia al diálogo entre conocimientos previos, representaciones sociales y conocimientos científicos, un enfoque que resulta clave tanto en EC como en EA ya que favorece la toma de conciencia sobre las propias ideas, promueve el cuestionamiento y permite avanzar hacia niveles más complejos de comprensión y posicionamiento ético (Calafell y Junyent, 2017; Gil y Vilches, 2006).

La alfabetización científica, o la alfabetización científica ambiental es la capacidad de comprender principios científicos básicos para analizar situaciones socioambientales y participar en la toma de decisiones informadas. Esta alfabetización no busca especialización técnica, sino formar ciudadanos capaces de actuar responsablemente en contextos complejos, conectar lo local con lo global, y reconocer las dimensiones políticas y éticas de las decisiones tecnocientíficas (Gil y Vilches, 2006; Rivero et al., 2024).

Propósito, pregunta de investigación, objetivos e hipótesis

¿Cómo podemos contribuir desde la EC y la EA a formar a los futuros maestros ante las problemáticas planetarias? ¿Qué enfoques de la EC están alineados con la EA como catalizadora de la transformación social? Estas preguntas motivaron el diseño de la investigación que se presenta y que pretende contribuir a formar un profesorado más consciente, preparado y comprometido con la transformación socioambiental. Con esta finalidad, la investigación pretende profundizar en las estrategias didácticas que emergen en una experiencia formativa de futuros maestros, a partir de la pregunta *¿Cómo podemos formar a los futuros maestros para que enseñen ciencias desde la EA?* *¿Qué estrategias didácticas son más eficaces en el contexto de una actividad formativa*

para los futuros maestros chilenos? Y para su respuesta se definen dos objetivos de investigación:

(O1) Identificar las estrategias didácticas más destacadas por los futuros docentes para el diseño de propuestas de EC y EA.

(O2) Analizar el desarrollo de las estrategias didácticas a lo largo de un curso formativo de EC y EA para futuros docentes.

Metodología

La metodología es principalmente cualitativa, ya que se orienta hacia la comprensión de situaciones únicas y particulares, centrándose en la búsqueda del significado y del sentido que los propios agentes confieren a los hechos, así como los individuos o los grupos sociales investigados viven y experimentan ciertos fenómenos o experiencias (Rodríguez-Gómez, 2018). En concreto pretende profundizar en la movilización de estrategias didácticas en EC y EA, en un grupo de estudiantes de formación inicial de maestros.

La investigación se sitúa dentro del paradigma interpretativo y se desarrolla bajo la modalidad del estudio de casos (Stake, 1999, 2005; Yin, 2009). Esta metodología implica un proceso de indagación que se caracteriza por un examen detallado, comprensivo, sistemático y en profundidad del caso objeto de interés. Según la tipología propuesta por Stake (2005), el estudio adopta la forma de estudio de caso instrumental. Se analiza un caso particular - un grupo específico de estudiantes - con el objetivo de proporcionar una comprensión más amplia sobre un tema más general: la EC y la EA en la formación inicial de maestros. En este enfoque, el caso adquiere un papel secundario, y su valor reside en la aportación de datos que permitan comprender un fenómeno más amplio.

El contexto universitario y el curso de formación

La investigación se desarrolló en un curso de formación complementaria extracurricular dirigida a estudiantes de Pedagogía en Educación Básica de una universidad pública de la Región Metropolitana de Santiago de Chile. La comunidad de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación es señalada como una de las más antiguas y tradicionales corporaciones de educación superior del país. Concentra sus actividades en el Área Metropolitana y, en particular, realiza sus labores de docencia, investigación y extensión en su propio campus de 21 hectáreas, en el tradicional barrio de Ñuñoa. El contexto académico local se caracteriza por la notoria ausencia de la formación ambiental en las carreras pedagógicas chilenas (Bravo, 2010; Muñoz, 2014; Castillo y Cordero, 2019).

El curso se plantea como una propuesta de formación complementaria extracurricular con el propósito que los futuros docentes se familiaricen con: 1) la incorporación de la dimensión ambiental en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias; y 2) las estrategias didácticas para el diseño de actividades de EC y EA. La propuesta se ofreció a todos los estudiantes de la carrera de Pedagogía en Educación Básica de la UMCE, que voluntariamente se apuntaron a participar.

A nivel metodológico, el curso de formación sigue el enfoque de la ambientalización curricular del modelo formativo de la idea vector (Bonil et al., 2010; Calafell y Junyent, 2017) e incorpora como elemento didáctico clave los itinerarios didácticos. Se consideró que este contexto era el idóneo porque permitía trabajar en un escenario real dónde hacer visible la conexión entre EC y EA, generaba un espacio de reflexión individual y distendida sobre las preguntas planteadas en relación con la investigación.

El curso se planificó en cinco sesiones de trabajo definidas en torno a tres bloques: uno introductorio (BI), un bloque de desarrollo (BD) que se integraba por tres salidas de campo realizadas a un parque natural de la región Metropolitana de Santiago (S1, S2 y S3) y un bloque final (BF) (Figura 1).



Figura 1. Estructura del curso formativo.

Siguiendo con esta estructura, el contenido y la reflexión elaborada en cada sesión era el punto de partida de la siguiente, de modo que se pretendía que los participantes fueran elaborando una argumentación cada vez más compleja sobre la EC y la EA, a partir de considerar diversidad de estrategias didácticas en su futura profesión como docentes.

En el primer bloque, los estudiantes definían un problema socioambiental que trabajarían en las salidas de campo. Éstas mantenían siempre la misma estructura: a) acogida de los estudiantes en la universidad y traslado al Parque Natural; b) llegada al inicio del itinerario, presentación del objetivo y narración de la sesión y entrega de un dossier de trabajo individual como soporte reflexivo; c) planteamiento de la pregunta inicial de reflexión, realización del itinerario y parada hasta un punto del itinerario para un espacio de trabajo individual y grupo de discusión (este momento se repetía tantas veces como preguntas reflexivas tenía el seminario); d) trabajo posterior a la salida de campo en grupos de discusión; y e) producción por parte de los estudiantes de textos reflexivos sobre la sesión en el dossier de trabajo. En el bloque conclusivo a partir de diversidad de dinámicas los participantes aportaban lo aprendido y reflexionado con relación a la temática trabajada.

La investigación sólo consideró como objeto de obtención de datos las sesiones del Bloque de Desarrollo, y por tanto las tres salidas de campo (S1, S2 y S3) y que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Planificación del Bloque de Desarrollo.

Bloque de Desarrollo	S1 (1ª salida de campo)	S2 (2ª salida de campo)	S3 (3ª salida de campo)
Objetivo	Identificar qué concepción de ciencia y medio ambiente tienen los futuros docentes de Educación Básica, en propuestas de EC y EA.	Identificar qué estrategias didácticas pondrán en juego los futuros docentes de Educación Básica, en propuestas de EC y EA.	Identificar qué saberes/aprendizajes quieren abordar los futuros docentes de Educación Básica, en propuestas de EC y EA.
Descripción de la sesión	La sesión se realiza en el sendero los Peumos, parque natural aguas de Ramón (6,5 km). La salida de campo se desarrolla en torno a 3 momentos de reflexión a lo largo del itinerario, más 1 reflexión final y cierre.	La sesión se realiza en el sendero morro las papas, parque natural San Carlos de Apoquindo (6,4 km). La sesión parte de las reflexiones finales elaboradas en el Seminario 1.	La sesión se realiza en el sendero mirador, parque natural quebrada de macul (5 km). La salida de campo se desarrolla en torno a los mismos momentos reflexivos que las sesiones anteriores, y parte de las reflexiones finales elaboradas en el Seminario 2.
Reflexión elaborada por los participantes	Las narrativas reflexivas de los participantes se elaboran sobre la propia concepción de ciencia y medio, y sobre cómo ésta se concretaría en el diseño de una Unidad Didáctica para un aula de Educación Básica.	Las narrativas reflexivas de los participantes se centran en cómo desarrollar una enseñanza de las ciencias bajo el enfoque de la sostenibilidad, a partir de definir qué estrategias didácticas integrarían en el diseño de la Unidad Didáctica.	Las narrativas reflexivas de los participantes se centran en cómo desarrollar una enseñanza de las ciencias bajo el enfoque de la sostenibilidad. Esta última reflexión se contextualiza según las bases curriculares de la educación chilena (MINEDUC, 2015),

Muestra

La población objeto de estudio se define por todos los estudiantes de Pedagogía en Educación Básica, que se inscribieron de manera voluntaria al curso formativo. No obstante, para formar parte de la muestra de la investigación se seleccionaron únicamente aquellos estudiantes que cumplieran con el requisito de haber participado en la totalidad de sesiones del curso formativo, y de haber entregado todas tareas elaboradas en los dosieres de trabajo de las tres salidas de campo (S1, S2 y S3). De acuerdo con estos criterios, la muestra de investigación estuvo conformada por 15 estudiantes (n=15).

La población de estudio fue debidamente informada sobre los objetivos de la investigación y firmó los consentimientos de participación, conforme a lo establecido por la legislación de dicha universidad. En todo momento se garantizó el anonimato de los participantes durante la recolección y análisis de los datos, los cuales fueron codificados mediante la asignación de un número único a cada estudiante.

Obtención de datos

Para la recolección de datos no se diseñó un instrumento específico; en su lugar, se utilizaron las narrativas reflexivas elaboradas por cada participante durante las salidas de campo del Bloque de Desarrollo del curso formativo.

La investigación narrativa, basada en los conocimientos situados de Haraway (1991), asume que el conocimiento es parcial y local, y está mediado por quien investiga. Según Gudmundsdottir (1996), la narrativa es tanto objeto de estudio como método. Las narrativas surgen de la interacción entre investigador y participante, y se utilizan como base para interpretar el fenómeno estudiado. En el caso de la presente investigación, las narrativas se encontraban en los dosieres de trabajo de los participantes.

Estos textos, como fuente de información, daban respuesta a cuestiones claves de la EC y la EA en la formación inicial de maestros: ¿qué he hecho?, ¿qué he aprendido?, ¿qué transferiré a mi futura práctica docente?

El procedimiento específico para la recolección de datos no requirió de un protocolo formal, ya que se llevó a cabo de manera natural a lo largo del desarrollo de las salidas de campo.

Análisis de datos

El análisis de los textos reflexivos extraídos de los dosieres de los participantes se realizó mediante la técnica de análisis de contenido, la cual posibilita inferir resultados y comprender las comunicaciones simbólicas presentes en los textos analizados, especialmente en aquellos de extensión relativamente corta, pero con un gran caudal de información (Krippendorff, 1997). En concreto se procedió siguiendo un proceso de análisis temático (Braun y Clarke, 2006) de forma deductiva (ámbitos generados a partir del Marco Teórico) e inductiva (categorías generadas a partir de los datos).

En primer lugar, se procedió a una lectura exhaustiva de todas las respuestas, categorizándolas según los 3 ámbitos de referencia de las bases teóricas sobre las estrategias didácticas de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias: indagación científica, confrontación de saberes o alfabetización científica (ámbitos). A continuación, se analizó cada respuesta dentro de su ámbito correspondiente, con el fin de identificar diferencias temáticas, lo que permitió la creación de un total de nueve categorías (tres para cada categoría). Con el fin de operativizar el análisis, los ámbitos y categorías fueron asociados a unos descriptores concretos que facilitaron el análisis de los textos elaborados por los participantes en el estudio (Tabla 2).

Tabla 2. Ámbitos, categorías y descriptores del instrumento de análisis.

Ámbitos	Categorías	Descriptores
1. Indagación científica (IC)	1.1. Indagación Científica Conceptual (ICc)	<ul style="list-style-type: none"> · Ideas en relación a hechos y teorías científicas; · Datos, evidencias, experimentos; · Conceptos sobre método científico.
	1.2. Indagación Científica Secuencial (ICs)	<ul style="list-style-type: none"> · Se explicitan fases, tiempo o etapas; · Se pone en valor la organización; · Se aborda la secuenciación del trabajo.
	1.3. Indagación Científica Experimental (ICe)	<ul style="list-style-type: none"> · Explicación de cosas del mundo; · Conocimientos, procedimientos y actitudes; · Explicación de causas y consecuencias.
2. Confrontación de saberes (CS)	2.1. Confrontación de Saberes Reflexiva (CSr)	<ul style="list-style-type: none"> · Revisión de ideas personales o grupales; · Formación espíritu crítico; · Reflexión, debate y conversación.
	2.2. Confrontación de Saberes Evolutiva (CSe)	<ul style="list-style-type: none"> · Ideas previas, conocimientos previos; · Conceptos del estudiante; · Contenidos y explicaciones que saben.
	2.3. Confrontación de saberes Contextual (CSc)	<ul style="list-style-type: none"> · Amplia perspectiva; · Abordaje de situaciones cotidianas; · Manifestaciones sobre la ciencia.
3. Alfabetización científica (AC)	3.1. Alfabetización Científica Política (ACp)	<ul style="list-style-type: none"> · Intereses particulares; · Acciones y manifestaciones políticas; · Ideas relacionadas con bienestar, poder y minorías.
	3.2. Alfabetización Científica Activista (ACa)	<ul style="list-style-type: none"> · Ideas en relación con acciones concretas; · Propone e implementa intervenciones; · Su acción busca llamar la atención (impactar).
	3.3. Alfabetización Científica Transformadora (ACt)	<ul style="list-style-type: none"> · Se basa en la sociedad, ciudadanía y comunidad; · Interpela a los cambios, la transformación social; · Piensa en una ciencia para la ciudadanía.

Los textos producidos por los estudiantes fueron analizados mediante el software MAXQDA. Para ello, se transcribieron los textos generados por los estudiantes, convirtiéndolos en versiones electrónicas, las cuales se incorporaron al software de análisis para su posterior codificación, según los ámbitos y categorías previamente establecidos. Durante este proceso, se seleccionaron las frases o segmentos de texto que contenían los indicadores o palabras clave que permitieron identificar los ámbitos y categorías presentes en los textos generados (Rädiker y Kuckartz, 2019).

El análisis de los datos obtenidos permitió, en primer lugar, realizar un análisis de frecuencias sobre la presencia de los ámbitos y categorías de las estrategias didácticas a nivel general, espe-

cífico por cada categoría y seminario. En segundo lugar, el análisis facilitó la identificación de patrones de desarrollo y evolución de las estrategias didácticas a lo largo del curso formativo.

Resultados

A nivel general, los participantes consideran un total de 279 evidencias relacionadas con las estrategias didácticas (Figura 2). Un 44,4% de ellas hacen referencia al ámbito de la *confrontación de saberes* y un 37,63% al de la *indagación científica*. Las estrategias incluidas en el ámbito de la *alfabetización científica* también son consideradas por los participantes, pero con menor representación (17,92%).

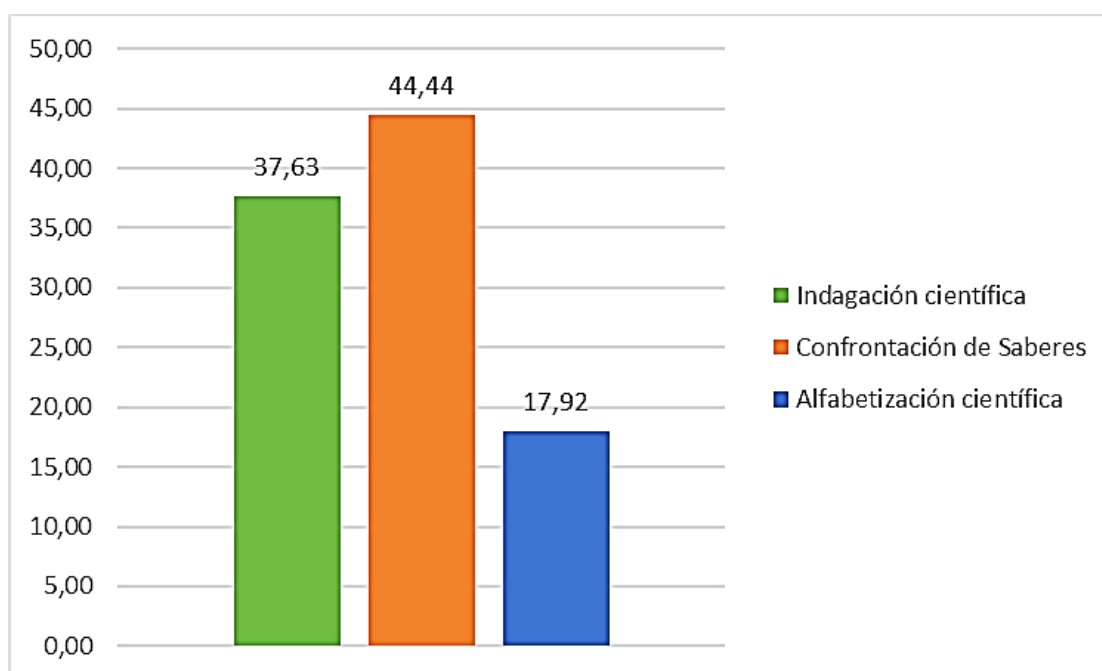


Figura 2. Ámbitos de las estrategias didácticas.

A nivel de las estrategias didácticas en concreto, los participantes del curso formativo destacan 3 categorías por encima de las otras y con representación similar (Figura 3). En primer lugar, la CSc con un porcentaje del 17,92% del total, seguida de la CSe y la ICe con un 17,2% respectivamente.

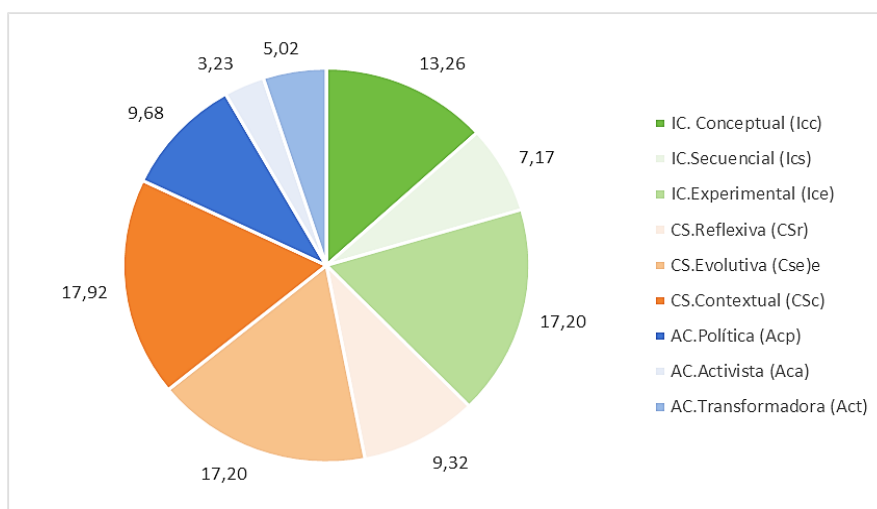


Figura 3. Categorías de las estrategias didácticas.

En el Seminario 1 (S1) se identifican un total de 63 evidencias relacionadas con las estrategias didácticas distribuidas entre los tres ámbitos de manera bastante equilibrada. El ámbito con mayor presencia entre los futuros docentes es el de *confrontación de saberes*, seguido de *indagación científica* y, en menor medida, *alfabetización científica* (Figura 4). Los resultados evidencian que durante el S1 los participantes consideran la totalidad de las categorías que definen las estrategias didácticas, con excepción de una, que también corresponde al ámbito de las estrategias con menor frecuencia. En concreto, se trata de la categoría de alfabetización científica desde la perspectiva de las acciones políticas (Acp).

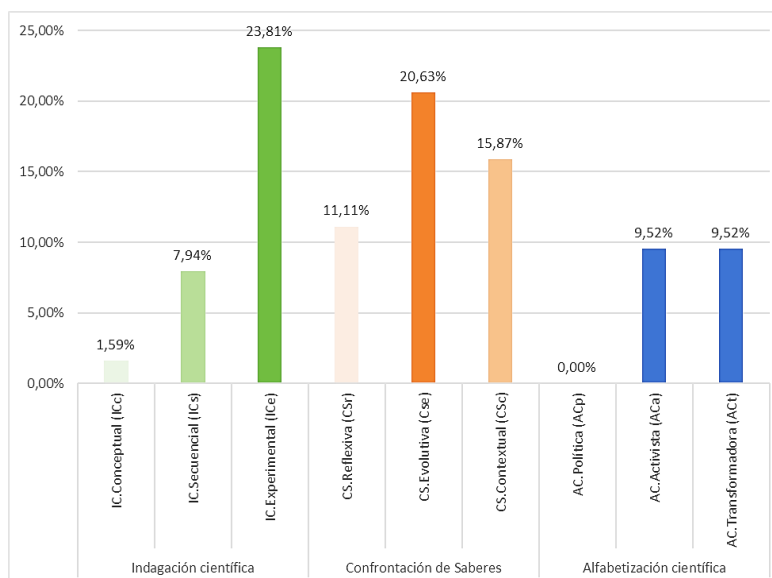


Figura 4. Estrategias didácticas presentes en el S1-

Los futuros docentes identifican estrategias didácticas para la sostenibilización curricular que integran el desarrollo de habilidades y la exploración del mundo en la categoría de ICe (23,81%), las concepciones cotidianas de los escolares (CSe - 20,63%), así como el uso de situaciones cotidianas para ampliar la perspectiva científica desde una CSc (15,87%), o aquellas estrategias centradas en la revisión de ideas personales a partir de la formación de pensamiento crítico (CSr - 11,11%).

Finalmente, los resultados muestran que las estrategias didácticas relacionadas con la alfabetización científica tienen una presencia limitada en el S1, así como también aquellas centradas en la organización de las fases, el tiempo y el trabajo secuencial de las problemáticas ambientales (ICs - 7,94%). También se observa una baja presencia de estrategias orientadas al manejo de conceptos y teorías científicas que explican los problemas ambientales (ICc - 1,59%).

En el Seminario 2 (S2) se identifican un total de 119 evidencias relacionadas con las estrategias didácticas distribuidas entre los tres ámbitos. El ámbito con mayor presencia entre los futuros docentes es el de *confrontación de saberes*, seguido de *indagación científica* y, en menor medida, *alfabetización científica*. Los resultados muestran que durante el S2 los participantes sí que identifican la totalidad de las categorías que definen las estrategias didácticas (Figura 5).

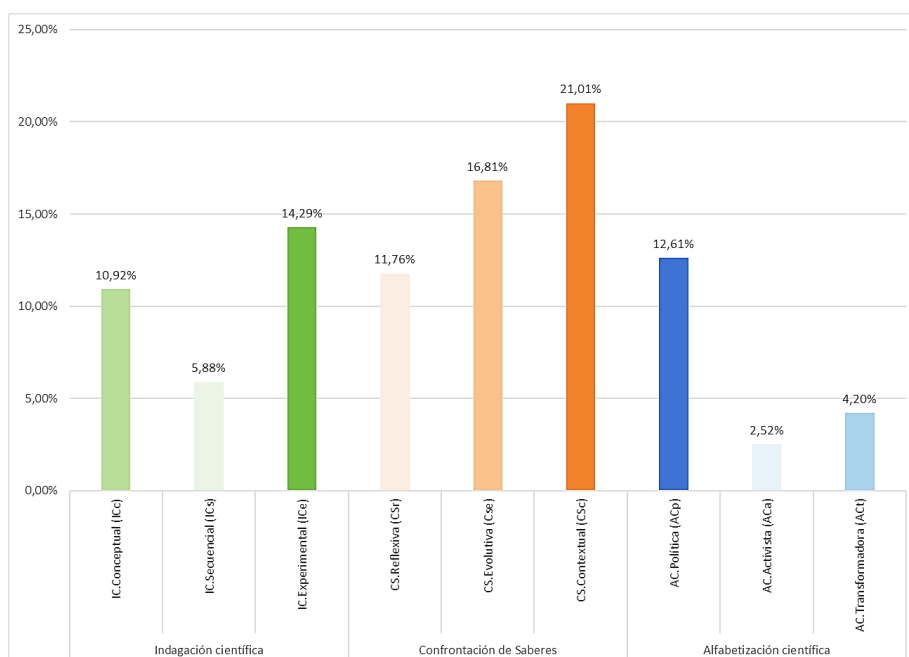


Figura 5. Estrategias didácticas presentes en el S2.

En este caso, los resultados muestran la elevada presencia de las categorías de *confrontación de saberes*, un ámbito clave en la construcción de una EC que favorece a una EA de mayor complejidad. Es importante también destacar la emergencia de la posición política de la alfabetización

(ACp), así como el aumento de la presencia del componente conceptual de la indagación científica (ICc).

En el segundo seminario (S2) las estrategias que los estudiantes consideran más relevantes son aquellas que implican el trabajo con situaciones ambientales locales, involucrando a los sujetos en su comunidad (CSc - 21,01%). También destacan las concepciones cotidianas de los escolares (CSe - 16,81%), la movilización de habilidades científicas para explicar los fenómenos del mundo (ICe - 14,29%) y las estrategias orientadas a promover la participación política en la ciencia desde una perspectiva comprometida con el medio ambiente (ACp - 12,61%).

Los elementos con menor presencia en el seminario incluyen la secuenciación de actividades destinadas al trabajo en EA (ICs - 5,88%), la consideración de estrategias orientadas al cambio y a la transformación social ciudadana (ACt - 4,20%) y la realización de acciones sociales dirigidas a denunciar problemáticas ambientales (ACa - 2,52%). En estos dos últimos casos, su baja presencia se ha mantenido desde el seminario previo, sin embargo, en este S2, su presencia ha disminuido considerablemente.

Finalmente, en el Seminario 3 (S3) se identifican un total de 97 evidencias relacionadas con las estrategias didácticas, pero con una proporción que se diferencia de lo ocurrido en el S1 y el S2. En este caso, el ámbito con una presencia mayor entre los futuros docentes es la *indagación científica*, seguido de la *confrontación de saberes*, y, en menor medida como en los otros dos seminarios, la *alfabetización científica*. Los resultados evidencian que los participantes nuevamente dejan de lado una estrategia del ámbito de la alfabetización científica (AC), cuya presencia ya había sido muy reducida en el S2. En particular, se observa la ausencia de la ACa (Figura 6).

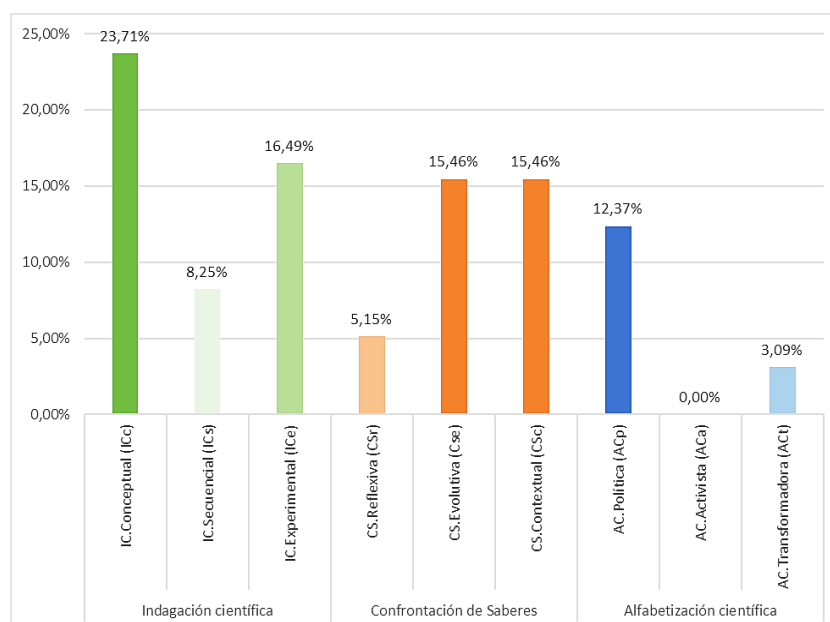


Figura 6. Estrategias didácticas presentes en el S3.

En este último seminario, los futuros docentes identifican estrategias didácticas para la sostenibilización curricular que promuevan aprendizajes científicos centrados en el manejo de hechos y teorías científicas (ICc - 23,71%), la movilización de habilidades científicas para la explicación de fenómenos del mundo (ICe - 16,49%), la revisión de ideas científicas (CSe - 15,46%) y la identificación de problemas cotidianos (CSc - 15,46%). Finalmente, aunque con un menor porcentaje, es relevante destacar la presencia de estrategias orientadas a fomentar la participación política en la ciencia desde una perspectiva comprometida con el medio ambiente (ACp - 12,37%).

Los elementos con menor presencia en el seminario continúan siendo la secuenciación de actividades destinadas al trabajo en EA a través de una ICs (8,25%), la reflexión sobre las ideas que los sujetos tienen respecto a los problemas ambientales (CSr - 5,15%) y, en último lugar y con una tendencia a la baja, la consideración de estrategias orientadas al cambio y la transformación social ciudadana desde una ACt (3,09%). Finalmente, no se presenta en la sesión la realización de acciones públicas para denunciar las problemáticas ambientales desde una ACa.

En referencia con la evolución de las estrategias didácticas que se movilizan a lo largo de la formación, estas muestran dos patrones claramente diferenciados (Figura 7).

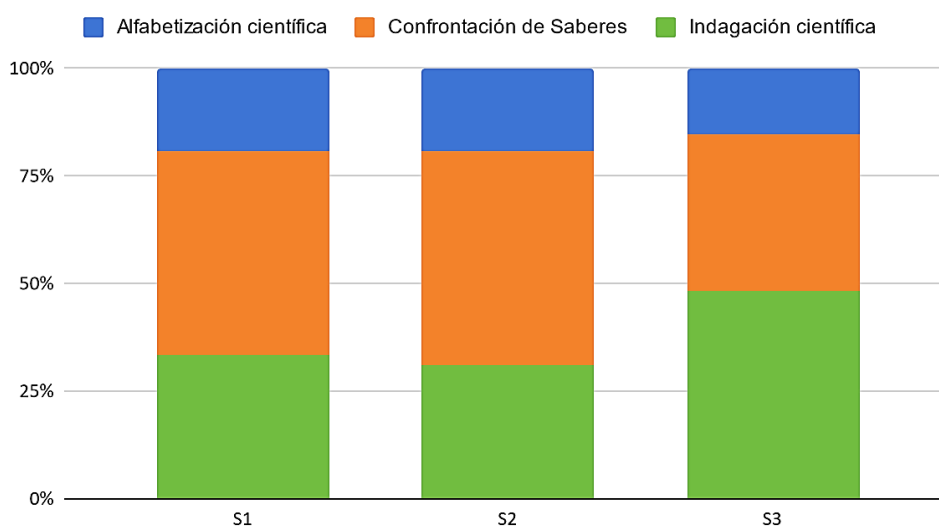


Figura 7. Tendencia de los ámbitos de las estrategias didácticas.

Por un lado, están las estrategias didácticas que se mantienen entre el S1 y el S2 y disminuyen en S3, son el caso de las estrategias de los ámbitos alfabetización científica y confrontación de saberes, y por otro, las estrategias que se mantienen entre el S1 y el S2 y que aumentan en S3 como son las asociadas a la indagación científica. Estos resultados indicarían que en una actividad formativa las estrategias didácticas asociadas a la indagación precisan de un tiempo y de una apropiación por parte de los estudiantes para que conecten la investigación como elemento clave de la EA y la EC. Por otro lado, estrategias tradicionalmente más compartidas por la EA y la EC

como la confrontación de saberes, se identifican ya desde el inicio de la formación como una contribución significativa. Sorprende que la alfabetización científica sea una aproximación que, aunque sigue la misma tendencia que la confrontación de saberes, sea poco identificada por parte de los participantes a lo largo del curso formativo.

A la hora de analizar los resultados por categorías, se observa que si bien el ámbito alfabetización científica (Figura 8) tiene una tendencia a ser menos identificado como una contribución de la didáctica de las ciencias a la EA, hay una estrategia clara, la ACp que cobra relevancia a partir de S2 y en detenimiento de la ACa y la ACt. Esto indica que las distintas estrategias tienen un comportamiento casi opuesto a medida que avanza la actividad formativa, dando cada vez más importancia a las estrategias didácticas de las ciencias que conectan con los intereses minoritarios, el bienestar y las acciones con posicionamiento político.

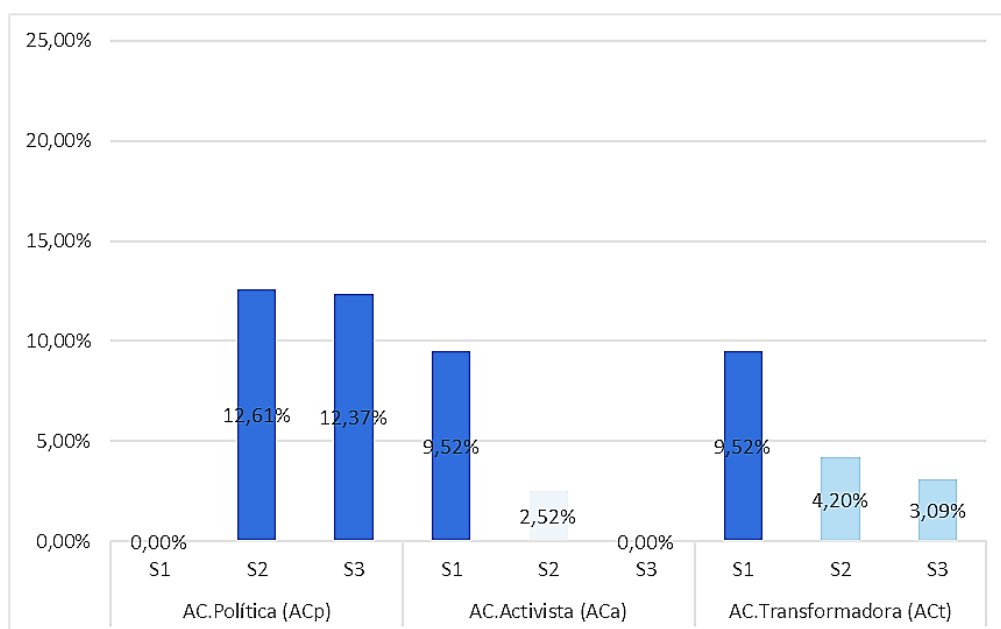


Figura 8. Evolución de las estrategias didácticas en AC.

En el ámbito de la confrontación de saberes no se observa un patrón evolutivo diferenciado según el tipo de estrategia didáctica, más allá de una presencia generalizable de todas ellas. Tal y como muestra la Figura 9, únicamente se puede observar una tendencia en la CSr asociada a estrategias reflexivas de identificación y revisión de ideas personales o de debate y conversación, las cuales se mantienen en el S1 y S2, disminuyendo en S3. Un resultado coherente con la organización de un seminario formativo desde la EC y la EC que da hincapié a un enfoque socioconstructivista.

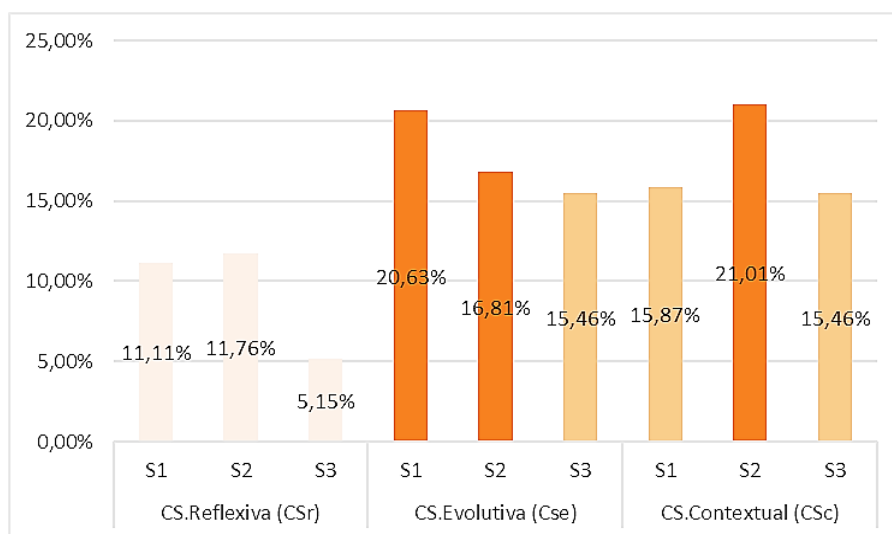


Figura 9. Evolución de las estrategias didácticas en el ámbito CS.

Finalmente, en el ámbito de la indagación científica sí que se observa un patrón diferenciado para cada tipo de estrategia didáctica específica tal y como muestra la Figura 10. La estrategia de ICc se identifica como un elemento relevante a medida que avanza la formación, pues los participantes valoran cada vez más su enfoque pasando de 1,59% en S1, 10,92% en S2 y 27,71% en S3. La categoría de ICs sigue un patrón más constante, ya que se mantiene entre unos intervalos entre 5,88% y 8,25%. La estrategia de ICe tiene una presencia muy significativa en S1 y baja significativa su presencia para mantenerse en unos valores más o menos constantes entre S2 y S3.

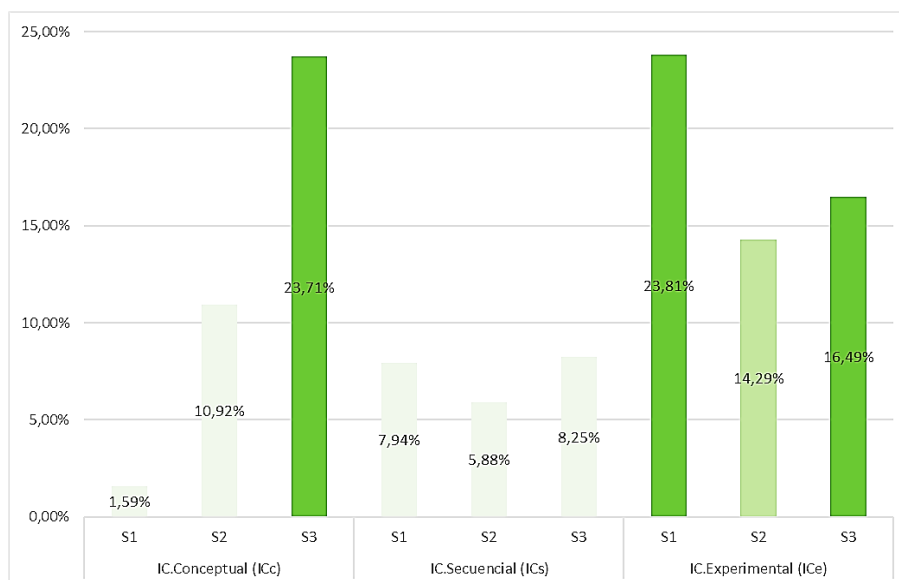


Figura 10. Evolución de las estrategias didácticas en el ámbito IC.

Discusión de resultados

Las estrategias didácticas asociadas a la confrontación de saberes se constituyen como la contribución más significativa para los futuros maestros para diseñar actividades de educación científica con aportes a la EA.

En este sentido, muestran que es necesario el uso de estrategias didácticas que permitan contextualizar las problemáticas socioambientales, para conectar de forma significativa y cotidiana con el alumnado y su construcción de conocimiento. En este sentido, los futuros maestros, consideran clave hacer uso de estrategias que permitan evocar los conocimientos previos del alumnado sobre la realidad social y ambiental de las problemáticas a trabajar, para poder profundizar en sus causas y consecuencias y poder elaborar explicaciones científicas más complejas sobre las problemáticas a nivel global. Este resultado conecta de forma directa con el ámbito de competencias de “Asumir la complejidad de la sostenibilidad”, que presenta el actual marco europeo de competencias sobre sostenibilidad (Bianchi, et al., 2022).

A lo largo del curso formativo, los futuros docentes consideran esencial desarrollar en sus futuras prácticas de educación científica el reconocimiento de las ideas iniciales sobre temas ambientales y científicos y los puntos de vista colectivos sobre cuestiones científicas y ambientales para contribuir a una educación más acorde con el medio ambiente y los principios de la EA.

Los resultados indican que, en una formación para maestros en didáctica de las ciencias con aportes a la EA, inicialmente existe una baja identificación de estrategias relacionadas con conceptos científicos y ambientales y que, para que los futuros maestros lo identifiquen, se necesita de unas acciones formativas orientadas a ello, como es la realización de salidas interdisciplinarias en las que se conectan contenidos científicos con contenidos ambientales. Es por ello que, como expone Cruz (2022), en el contexto chileno se hace necesario fortalecer e implementar propuestas que permitan mejorar el enfoque pedagógico de los profesores para actuar sobre las cuestiones ambientales, siendo la formación inicial de maestros un elemento clave para ello. A la vez, la investigación indica que el taller formativo favorece la identificación de estrategias didácticas acorde con una progresión “madurativa” del alumnado ya que, inicialmente identifican estrategias de indagación científica más asociadas a la experimentación y posteriormente a los modelos conceptuales.

Los futuros docentes, aún y recibir una formación que pretendía conectar la alfabetización científica y ambiental a partir de sus actividades, ellos no lo perciben como un enfoque prioritario a la hora de diseñar actividades cuando sean maestros. Los resultados evidencian una escasa construcción de un espíritu crítico hacia el estado del medio ambiente; y una ausente participación política ante el área (Hamed et al., 2016; Navarro, 2017; Vendasco et al., 2018) en coherencia con los niveles bajos de alfabetización ambiental del profesorado y de los futuros docentes (Rivero et. al., 2024). Sin embargo, estas limitaciones resultan coherentes con una mirada evolutiva de la formación docente, la cual considera la migración desde modelos tradicionalistas, centrados en la revisión de principios científicos y el desarrollo de la experimentación guiada, hacia dinámicas que consideran la participación ciudadana de los estudiantes y el trabajo con problemas

científicos cotidianos, mediante una complejización progresiva de las actividades de aula (Rivero et. al., 2024). Un resultado que también se explicaría por la falta de una formación integral de los profesores chilenos en EA para favorecer un cambio profundo en los hábitos y las conductas en cuestiones ambientales de transformación del sistema escolar (Ramos-Seminario, 2021). En esta línea, Nuñez et al. (2023) propone la necesidad de una EA más integrada en el currículum escolar chileno como herramienta para construir una visión más comunitaria, transformadora y ecocéntrica, un desafío que necesita de la incorporación de la EA en la formación inicial de profesorado chileno.

Conclusiones

La integración de la EA y la EC no solo responde a una necesidad curricular, sino también a una oportunidad educativa para abordar los retos de sostenibilidad y justicia social desde un enfoque. Para ello es necesario superar los modelos didácticos tradicionales centrados en la transmisión de conocimientos, y avanzar hacia enfoques de enseñanza indagativos y socio-críticos, que promuevan la participación activa del alumnado, el trabajo contextualizado y la alfabetización científica y ambiental. En el caso de la formación inicial de maestros, el reto es doble: formar docentes capaces de enseñar ciencias desde una perspectiva ambiental, y al mismo tiempo, formar personas con conciencia crítica, capaces de integrar el enfoque de sostenibilidad en sus futuras prácticas educativas. Un reto clave para avanzar en la EA como un objetivo de Aprendizaje Transversal en el que, tal y como se señala en el contexto chileno, a partir de diversidad de disciplinas se construya valores, conocimientos y relaciones que favorezcan la naturaleza y los recursos

La formación de los maestros desde esta perspectiva implica no solo incorporar contenidos sobre EA y EC sino también repensar el sentido mismo de la enseñanza y el rol docente en una sociedad en transformación, contribuyendo a los retos de la Agenda 2030 de los ODS y al marco GreenComp. Esta investigación muestra que es posible generar entornos formativos que favorezcan el desarrollo de estas competencias, pero también señala las limitaciones y tensiones que persisten en los marcos formativos tradicionales. Por ello, se hace necesaria una apuesta decidida por modelos de formación que integren la EA y la EC desde una visión crítica, experiencial y comprometida con la sostenibilidad.

La investigación presenta limitaciones en relación con la dificultad de abordar en profundidad la complejidad de todas las dimensiones de la alfabetización científica en un tiempo formativo acotado y con participantes voluntarios. Como proyección futura, se propone diseñar itinerarios formativos más prolongados que fortalezcan el pensamiento crítico, el compromiso sociopolítico y la acción en contextos reales y transferir la experiencia a acciones formativas obligatorias.

Declaración de autoría

Los tres autores han contribuido de manera equitativa en todas las fases del trabajo. La contribución ha sido compartida para cada uno de los criterios considerados: Conceptualización; Curación de datos; Análisis formal; Obtención de financiación; Investigación; Metodología; Administración del proyecto; Recursos; Software; Supervisión; Validación; Visualización y Redacción del borrador original, así como revisión y edición.

Referencias bibliográficas

- Adúriz-Bravo, A. (2001). Integración de la epistemología en la formación del profesorado en ciencias. (Tesis Doctoral) Universidad Autónoma de Barcelona. España
- Alcántara Manzanares, J. y Medina Quintana, S. (2019). El uso de los itinerarios didácticos (sig) en la educación ambiental. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 173-188.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2258>
- Bianchi, G.; Pisiotis, U.; Cabrera Giráldez, M. (2022) *GreenComp: the European sustainability competence framework*. Publications Office of the European Union.
<https://doi.org/10.2760/094757>
- Bonil, J., Junyent, M. y Pujol, R. M. (2010). La perspectiva de la complejidad en la educación ambiental: Una necesidad y una oportunidad. *Revista de Educación*, (352), 583–603.
- Braun, V. y Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp063oa>
- Bravo, W. (2010). Estudio de los conocimientos de los profesores sobre educación ambiental. *Revista Investigaciones en Educación*, 10(1), 163-180
- Calafell, G., Bonil, J. y Junyent, M. (2015). ¿Es posible una didáctica de la educación ambiental? ¿Existen contenidos específicos para ello? *REMEA - Revista Eletrônica Do Mestrado Em Educação Ambiental*, (1), 31–53.
<https://periodicos.furg.br/remea/article/view/4987>
- Calafell, G. y Junyent, M. (2017). La idea vector y sus esferas: una propuesta formativa para la ambientalización curricular desde la complejidad. *Teoría de la Educación*, 29(1), 189-216.
- Castillo Retamal, F. y Cordero Tapia, F. (2019) La educación ambiental en la formación de profesores en Chile. *Revista UC Maule*. 56, 9-28. <http://doi.org/10.29035/ucmaule.56.9>
- Cruz Visa, G. J. (2022). Educación ambiental en instituciones educativas de educación básica en Latinoamérica: *Revisión sistemática. Científica Multidisciplinar*, 6(3), 723-739.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i3.2255
- Domènech-Casal, J.; Rotllan, M.; Tor, M. y García, A. (2022). Landscapes. Un proyecto STEM sobre geodinámica externa, riesgos geológicos y sostenibilidad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(3). 3205.
https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i3.3205
- García-González, E., Jiménez-Fontana, R. y Azcárate, P. (2020). Education for sustainability and sustainable development goals: Pre-service teachers' perceptions and knowledge. *Sustainability*, 12(18), 7741. <https://doi.org/10.3390/su12187741>
- Gil, D. y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42. 31-53.

- González Gaudiano, E. J., Meira Cartea, P. Á. y Gutiérrez Pérez, J. (2020). ¿Cómo educar sobre la complejidad de la crisis climática? Hacia un currículum de emergencia. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 25(87), 843-872.
- Gudmundsdottir, S. (1996). The teller, the tale, and the one being told: The narrative nature of the research interview. *Curriculum inquiry*, 26(3), 293-306.
- Hamed, S., Rivero, A. y Martín del Pozo, R. (2016). El cambio en las concepciones de los futuros maestros sobre la metodología de enseñanza de las ciencias en un programa formativo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 13(2), 476-492. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i2.17
- Haraway, D. (1995). Conocimientos situados: La cuestión científica en el feminismo y el privilegio de la perspectiva parcial. En D. Haraway (Ed.), *Ciencia, cyborgs y mujeres. La reinvención de la naturaleza* (pp. 313–345). Ediciones Cátedra.
- Herrero, Y. (2021). Miradas ecofeministas para transitar a un mundo justo y sostenible. *Revista de Economía Crítica*, 16, 278–307.
<https://www.upo.es/revistas/index.php/rec/article/view/9824>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee y J. Romero, Eds.; pp. 35-115). IPCC.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- Krippendorff, K. (1997). *Metodología de análisis de contenido*. Ediciones Paidós.
- MacIntyre, T., Tilbury, D. y Wals, A. (2024). *Education and learning for sustainable futures: 50 years of learning for environment and change*. Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781003467007>
- Meadows, D. (1999). *Leverage Points: Places to Intervene in a System*. Sustainability Institute.
- Ministerio de Educación de Chile. (2015). Bases curriculares 7° básico a 2° medio.
<https://media.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/28/2017/07/Bases-Curriculares-7%C2%BA-b%C3%A1sico-a-2%C2%BA-medio.pdf>
- Morin, E. (1999). *Introducción al pensamiento complejo*. Gedisa..
- Muñoz, A (2014). Environmental education in Chile, a pending task. *Revista Ambiente & Sociedad*, 17(3), 175-194.
- Navarro Ciudad, M. B. (2017). Oportunidades de aprendizaje en temáticas ambientales brindadas por el currículum nacional de ciencias de Chile. *Enseñanza de las Ciencias*, 35(3), 107-127.
- Nicolás-Castellano, C.; Limiñana, R.; Menargues, A.; Rosa-Cintas, S. y Martínez-Torregrosa, J. (2023) Sustainable Change in Primary Science Education: From Transmissive to

- Guided Inquiry-Based Teaching. *Sustainability*, 15, 11710.
<https://doi.org/10.3390/su151511710>
- Nuñez Tobar, J. Vargas Navarrete, N. Valdebenito Pérez, A. Lizama Orellana, A. y Oyarzún Morel, J. (2023). Análisis de la integración de la conciencia ambiental en la educación ambiental del currículo chileno. *Revista Pensamiento Educativo*, 60(2), 1-15
- ONU. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
<https://www.fundacioncarolina.es/wp-content/uploads/2019/06/ONU-Agenda-2030.pdf>
- Rädiker, S. Kuckartz, U. (2019). *Análisis de Datos Cualitativos con MAXQDA*. Ediciones MAXQDA, Berlín.
- Ramos Seminario, G. (2021). Trascendencia de la Educación Ambiental en la Escuela. *Revista Dominio de las Ciencias*. 7(5) 360-380
- Ripple, W. Wolf, C. Newsome, T. Galetti, M. Alamgir, M. y Crist, E. (2017). World scientists' warning to humanity: a second notice. *BioScience*, 67(12), 1026-1028.
- Rivero García, A., Solís Ramírez, E., Jiménez Fontana, R. y Rodríguez Pérez, L. (2024). La alfabetización ambiental del futuro profesorado de infantil y primaria en Andalucía. *Enseñanza de las Ciencias*, 42(3), 159-184.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.6130>
- Rodríguez-Gómez, D. (2018). El projecte d'investigació. En J. Meneses, J. Bernabeu, A. Bonillo, F. J. Eiroa-Orosa, D. Rodríguez-Gómez, S. Valero y J. Valldeoriola, *Intervenció educativa basada en evidències científiques* (Mòdul didàctic 2). Universitat Oberta de Catalunya.
- Sauvé, L. (2010). Educación científica y educación ambiental: un cruce fecundo. *Enseñanza de las Ciencias*, 28(1). 5–18. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3617>
- Stake, R. E. (1999). *Investigación con estudio de casos*. Morata.
- Stake, R. E. (2005). Qualitative Case Studies. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.). *The Sage handbook of qualitative research* (pp. 273-285). Sage Publications.
- Sterling, S. (2024). *Learning and Sustainability in a Dangerous World*. Agenda Publishing.
- UNESCO. (2020). *Análisis curricular. Estudio Regional Comparativo y Explicativo (ERCE 2019). Chile. Documento nacional de resultados*.
<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000373959>
- Vendrasco, N. Guzmán, E. Carrasco, X. Y Merino, C. (2018). Formación de profesores en Educación Ambiental: una experiencia en Chile. *Tecné, Episteme y Didaxis. Número Extraordinario. Memorias, Octavo Congreso Internacional de formación de Profesores de Ciencias para la Construcción de Sociedades Sustentables*.

- Watanabe, G., Calafell Subirà, G. y Rodríguez Marín, F. (2022). ¿Cómo incorporamos la complejidad en actividades de educación científica y ambiental? *Enseñanza de las Ciencias*, 40(2),109-124. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.3504>
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research: design and methods*. Sage Publications.