

Ciencias para la ciudadanía y formación inicial de profesores de ciencias: aportes desde la revisión sistemática a un modelo de formación

Science for citizenship and the initial training of science teachers: Contributions of a systematic review to a training model

Ciência para a cidadania e formação inicial de professores de ciências: contribuições de uma revisão sistemática para um modelo de formação

Edith del Carmen Herrera San Martín¹

RESUMEN

El estudio reporta una revisión de la literatura centrada en analizar la formación inicial de profesores de ciencias y su relación con Ciencias para la Ciudadanía, una nueva asignatura en Secundaria, Chile. El estudio cualitativo incluyó: 1. Búsqueda de información en base de datos WOS, Scopus y SciELO según objetivos propuestos 2. Análisis de la documentación, seleccionando 21 artículos, analizados de forma descriptiva y comprensiva por PRISMA 2020. Los resultados señalan predominio de estudios cualitativos de países europeos. Se concluye diversidad de conceptualizaciones de “Ciencias para la Ciudadanía” y la necesidad de la transformación educativa en la formación docente hacia un modelo centrado en ciudadanía, comprometido en la alfabetización científica crítica y responsable con el medio ambiente, que incorpore enfoque integrado de las ciencias e interdisciplinario (CTS; STEM), con estrategias basadas en resolver problemas, SSI, NOS y evaluaciones coherentes a estos cambios.

Palabras clave: Ciencias para la Ciudadanía. Formación Inicial de Profesores de Ciencias. Alfabetización Científica. Interdisciplinariedad. Justicia Social.

ABSTRACT

The study reports a literature review focused on the initial training of science teachers and its relationship with science for citizenship to support a new subject in secondary school, Chile. The qualitative study included: 1. information search in the Web of Science, Scopus, and Scientific Electronic Online databases according to the proposed objectives; 2. analysis of the documentation, selection of 21 articles analyzed descriptively and comprehensively by the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses 2020. The results show a predominance of qualitative studies from European countries. It concludes there is a diversity of conceptualizations of “science for citizenship” and the need for an educational transformation in teacher training

¹Universidad del Bío Bío, Bío Bío, Chile. Correo electrónico: eherrera@ubiobio.cl  <https://orcid.org/0000-0002-9359-7277>

towards a model focused on citizenship committed to critical and environmentally responsible scientific literacy, incorporating an integrated approach to science and interdisciplinary (science and technology—STS; science, technology, engineering and mathematics—STEM), with strategies based on problem-solving, socio-scientific issues—SSI, nature of science—NOS, and evaluations consistent with these changes.

Keywords: Science for Citizenship. Initial Training of Science Teacher. Scientific Literacy. Interdisciplinarity. Social Justice.

RESUMO

O estudo relata uma revisão bibliográfica centrada na análise da formação inicial de professores de ciências e a sua relação com a *science for citizenship*, uma nova disciplina no ensino secundário no Chile. O estudo qualitativo incluiu: 1. pesquisa de informação nas bases de dados Web of Science, Scopus e Scientific Electronic Library Online, de acordo com os objetivos propostos; 2. análise da documentação, selecionando 21 artigos, analisados de forma descritiva e exaustiva pelo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses 2020*. Os resultados mostram uma predominância de estudos qualitativos de países europeus. Concluimos que existe uma diversidade de conceptualizações da “ciência para a cidadania” e a necessidade de transformação educacional na formação de professores no sentido de um modelo centrado na cidadania, empenhado na literacia científica crítica e ambientalmente responsável, incorporando uma abordagem integrada da ciência e interdisciplinar (science and technology — STS; science, technology, engineering and mathematics — STEM), com estratégias baseadas na resolução de problemas, socio-scientific issues — SSI, nature of science — NOS e avaliações consistentes com estas mudanças.

Palavras-chave: Ciência para a Cidadania. Formação Inicial de Professores de Ciências. Alfabetização Científica. Interdisciplinaridade. Justiça Social.

INTRODUCCIÓN

La educación ciudadana se ha convertido en una de las grandes narrativas modernas y ha sido declarada como un propósito al dar sentido al discurso educativo. En Chile, a través de la Ley 20.911, el Plan de Formación Ciudadana (PFC) especifica en sus objetivos que las escuelas del país deben tener un proyecto que involucre a toda la comunidad educativa. Desde allí, la ciudadanía es entendida como una vida responsable en una sociedad libre y de orientación hacia el mejoramiento integral de la persona humana, como fundamento del sistema democrático, la justicia social y el progreso. Dada su relevancia en las Bases Curriculares de Tercero y Cuarto Medio (MINEDUC, 2019), se propone aportar con su implementación en la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, con el objetivo de profundizar en la alfabetización científica, pensamiento crítico y reflexivo. Sin embargo, el diagnóstico que realiza el Instituto Nacional de Derechos Humanos (INDH, 2015, p. 3), afirma “que la formación ciudadana y en derechos humanos, está débilmente integrada en la Formación Inicial Docente”. Estos estudios son coherentes con el informe de la UNESCO (2017) que muestra la postergación del área de formación ciudadana en la formación de profesores para la región latinoamericana. Se plantea así una brecha entre la Formación Inicial Docente (FID) y las exigencias curriculares escolares para enseñar Ciencias para la Ciudadanía.

El término “Ciencia Ciudadana” o “Ciencias para la Ciudadanía” (CPC) es polifacético. Fue acuñado por Irwin (1995) y raramente se encuentran definiciones claras acerca de su conceptualización. Esto hace que adquiera diferentes significados según la ideología del discurso, la que está sujeta a diversas interpretaciones, aspiraciones y puntos de vista políticos que van desde una perspectiva liberal hasta una perspectiva multicultural (do Nascimento y Motokane, 2023). También suele ocurrir que la comprensión de su significado se ha restringido solo a la educación cívica desde las ciencias sociales. Las “Ciencias para la Ciudadanía”, según Irwin, se refiere a la participación de los ciudadanos en el proceso científico que puede aumentar la comprensión de la ciencia por parte de las personas. En la actualidad a este concepto abstracto se le atribuyen distintos adjetivos como, por ejemplo: Ciudadanía activa, Ciudadanía digital, Ciudadanía transformadora, Ciudadanía crítica, Ciudadanía ambiental, Ciudadanía global, Ciudadanía expandida, entre otros, que intentan especificar y profundizar el sentido que el ejercicio ciudadano tiene en nuestros días (Ramos, 2016).

Desde esta perspectiva, la ciencia ciudadana es un enfoque que abarca varios niveles de participación pública en la investigación científica: desde estar mejor informado sobre la ciencia hasta participar en el proceso científico mismo a través de la observación, la recopilación o el análisis de datos (Feord, 2020). De acuerdo con lo señalado por Riesch y Potter (2014), las interpretaciones predominantes consideran que, a través de su participación, los ciudadanos aumentan su interés por el aprendizaje científico mientras contribuye al desarrollo de proyectos científicos (Silvertown, 2009). Por lo tanto, según Candau (2012), es necesario tener claro lo que se espera lograr dentro de la formación para la ciudadanía, específicamente desde las ciencias, para utilizar así estrategias metodológicas acordes con la visión asumida.

Desde las Bases Curriculares (MINEDUC 2019, p. 42) “Ciencias para la Ciudadanía promueve el desarrollo de una comprensión integrada de fenómenos complejos y problemas que ocurren en el quehacer cotidiano, con el fin de formar a un ciudadano alfabetizado científicamente y con pensamiento crítico”. Esto se acerca más hacia una visión de ciencia crítica (III) para la transformación y justicia social (Sjöström y Eilks, 2018), o hacia la visión práctica de ciencias para todos (II) del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS), para contextualizar el conocimiento científico y desde ahí darle significado a su aprendizaje, parte esencial de la formación básica de todos los ciudadanos (Bybee, 1997; Kumar y Chubin, 2000). De este modo, se aleja de la visión de ciencia disciplinar (I) centrada casi exclusivamente en que los estudiantes adquieran los conocimientos para familiarizarse con las teorías, conceptos y procesos científicos, por los requerimientos del saber en la educación superior (Uribe Rivera y Ortiz Cáceres, 2014). Sin embargo, los futuros docentes de ciencias que inician su formación suelen ser próximos a la visión disciplinar (I) de ciencia tradicional, academicista, difícil de cambiar, dadas las creencias adquiridas desde su historial educativo.

Por lo expresado, es preciso cuestionarnos: ¿Cómo se asume este reto desde la formación inicial de profesores de ciencias en la Educación Superior al enseñar Ciencias para la Ciudadanía? Para ello, se revisan las investigaciones de los últimos años con el objetivo de detectar aspectos clave en la formación de futuros profesores de ciencias y, en tanto, desarrollar prácticas de enseñanza que promuevan la construcción de una ciudadanía crítica.

FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES Y CIENCIAS PARA LA CIUDADANÍA

Según UNESCO (2017) la formación ciudadana en la Formación Inicial Docente (FID) ocupa un espacio marginal. Las cátedras relacionadas con formación ciudadana son un requisito para el egreso y la titulación de los futuros docentes, pero no constituyen un área de aprendizaje. En Chile, un nudo clave en la FID hace referencia a un proceso formativo en ciudadanía excesivamente teórico, desarrollado por los académicos formadores de profesores y al alto grado de autonomía con que cuentan las instituciones en los programas que imparten las carreras de pedagogía, lo que se evidencia

en la baja cantidad de cursos que se hacen cargo de ella en las mallas curriculares y el escaso tiempo con el que cuentan los profesores principiantes para desarrollarla de manera interrelacionada en su formación teórica y práctica. A esto, se agrega la falta de claridad para su implementación según sea la cultura de la institución escolar a la que fueron asignados durante la práctica y su preparación para atender las demandas desde el nuevo marco curricular (MINEDUC, 2019).

El desafío para los modelos de formación inicial en Chile es lograr, en cinco años, una formación general y una formación de especialidad que atienda al desarrollo de las competencias necesarias para el desempeño profesional en la sociedad actual, según las exigencias planteadas por la normativa vigente (Ávalos, 2004; Ávalos, Téllez y Navarro, 2010). En este proceso la formación didáctica y disciplinar es la que supone el mayor reto, dada la amplitud del campo conceptual, curricular y didáctico de cada área, y el contraste que existe entre la formación de profesores disciplinares para la enseñanza secundaria. Según Ávalos (2010) el sistema chileno de formación puede ser “calificado como desregulado, con un contexto institucional muy variado, y con pocos dispositivos externos para asegurar su calidad” (Ávalos, 2010, p. 276) y dado los diversos contextos de Formación Inicial Docente se precisa que la formación universitaria dialogue con los saberes y los sentidos que los futuros profesores dan a su práctica y a sus acciones, a fin de componer un repertorio de conocimientos y experiencias que les permita ser agentes de transformación en la realidad educativa donde han de intervenir.

Para Hodson (2014) la formación de profesores de ciencias debe orientarse a una transformación, puesto que el currículo ha intencionado una acción sociopolítica hacia una alfabetización científica para una sociedad más democrática, compasiva y ambientalmente responsable, por lo tanto, el aprendizaje del estudiante debe alejarse de la simple adquisición de contenidos o conceptos científicos y organizarse en torno a temas problemáticos para la sociedad, a saber: la salud humana; los recursos de la tierra, hídricos y minerales; la alimentación y la agricultura; los recursos energéticos, los niveles de consumo y de sostenibilidad; la industria; las tecnologías de transporte y comunicación; la ética y la responsabilidad social. A base de este modelo formativo que asume el reto de una “educación científica para la ciudadanía” es fundamental contar desde la FID con un profesorado crítico y participativo, capaz de tener una postura ante los cambios científicos, tecnológicos, sociales, económicos y culturales para dar su opinión al respecto, sin temor de ser juzgado, trabajando problemas prácticos profesionales y cuestiones sociocientíficas (SSI, sigla en inglés) (Levinson, 2006; Sadler, 2009; Evagorou, 2011) que afectan a sus vidas y ante las que cobran gran importancia el análisis y el reconocimiento explícito de las injusticias sociales relacionadas con ellas, movilizándolo en estos complejos análisis el uso de conocimientos científicos, los procedimientos de la ciencia, actitudes y valores (Tulloch *et al.*, 2013). Esta propuesta transformadora de Formación Inicial Docente en ciencias se contrapone al modelo tradicional, basado en la transmisión de saberes acabados que se enfoca en enseñar disciplinas científicas fragmentadas que mantienen una visible separación entre la teoría y la práctica (Oliva, 2011). Por otra parte, Magendzo y Pavez (2021), afirman que “llamar a las Ciencias: “Ciencias para la Ciudadanía” es algo novedoso e inusual en la enseñanza de esta disciplina. Significa alejarse de la enseñanza positivista, “bancaria” y memorística, en donde se valora lo científico-técnico por encima de las necesidades humanas y sociales” (p. 17).

En la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía para los niveles educativos de Tercer y Cuarto año de Secundaria se valora el aporte al balance entre las humanidades y las ciencias porque se considera dentro del Plan Común Obligatorio para las tres modalidades diferenciadas de Enseñanza: Artística, Científico-Humanista y Técnico Profesional y se concibe como una propuesta para la equidad de la trayectoria formativa de todos los estudiantes del país, de manera tal de ofrecer igualdad de oportunidades a todos/as los/as jóvenes en sus proyectos de vida, con el objetivo de formar ciudadanos integrales para el siglo XXI. Sin embargo, es preciso cuestionarse

si una educación científica general será suficiente para lograr equidad en la educación, dadas las condiciones de inequidad social y diferencias socioeconómicas de los estudiantes en nuestro país. Desde el Consejo Nacional de Educación se señala que el programa de “CPC presenta aprendizajes significativos, alcanzables y de vital importancia para todos los estudiantes del nivel, integra las ciencias a través de una estructura modular que facilita su implementación, se basa en el análisis de problemáticas socio-científicas, visibilizando métodos de investigación científica y articulación con otras asignaturas” (CNED, 2019, p. 7).

No obstante, los profesores en formación perciben en su desempeño dificultades en la capacidad personal para utilizar controversias en clases durante sus prácticas y, si las llegan a utilizar, es simplemente para motivar a los alumnos, ya que también creen que sus estudiantes no tienen la capacidad para discutir sobre estos temas (Nida, Pratiwi y Eilks, 2021). Señalan, además, carecer de una formación integrada disciplinar e interdisciplinaria para resolver problemas bajo los enfoques Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) o Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, (STEM, sigla en inglés). Por tanto, según estas necesidades se torna fundamental abordar cómo enseñar CPC en la Formación Inicial Docente desde el estudio de problemas sociales relevantes que permitan abordar la revisión de las representaciones del profesorado de ciencias en formación, al igual que desarrollar su competencia ciudadana desde una perspectiva crítica y de justicia social. Por tanto, la universidad como espacio de convivencia debe aspirar a la creación de ideas y la formación de ciudadanos en sus procesos formativos, de no hacerlo se convierte exclusivamente en una institución de formación científico-técnica (Hammond y Keating, 2018).

MÉTODO

Una revisión sistemática consiste en la recopilación de un conjunto de investigaciones según criterios de selección previos, con el propósito de responder a interrogantes investigativas específicas. Esta revisión sistemática de literatura se realizó siguiendo la orientación de la metodología PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021). El proceso considera identificar: 1. el propósito de la búsqueda; 2. los criterios de elegibilidad; la definición de criterios de inclusión y exclusión de la revisión; 3. estrategia de búsqueda; 4. selección de los artículos; 5. análisis de la información de la temática de estudio; 6. extracción de datos relevantes de las publicaciones para elaboración de un listado. El proceso de revisión sistemática aplicado en este estudio consta de diferentes fases (Zawacki-Richter *et al.*, 2019).

Fase I. La búsqueda se orientó en estudios sobre Formación Inicial Docente (FID) en la enseñanza de “Ciencias para la Ciudadanía” para dar cuenta de los siguientes propósitos i. caracterizar la conceptualización de Ciencias para la Ciudadanía y propuestas formativas en Formación Inicial Docente de Ciencias ii. identificar los diseños de investigación más empleados, y finalmente iii. establecer las relaciones entre ambas dimensiones del estudio para promover la formación de un ciudadano alfabetizado científicamente.

Fase II. Los criterios de elegibilidad se realizaron según Carter-Thuillier y Gallardo-Fuentes (2021) y consideraron: a. *temporalidad*: estudios publicados durante los últimos cinco años (2018-2023) sobre investigaciones actuales, dado que la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía se implementa desde las Bases Curriculares de Chile a partir del año 2019; b. *tipo de documento*: todas las publicaciones son artículos originales de revista. El análisis con los boléanos no entregó información sobre libros y capítulos de libros referentes a la temática; c. *idioma*: Todos los documentos estaban escritos en idioma inglés, portugués o español; d. *metodología* presentada por el artículo: los manuscritos debían poseer una de las cuatro estructuras metodológicas aceptadas habitualmente en el campo de la investigación educativa: 1. estudios empíricos con datos cuantitativos, 2. estudios empíricos con datos cualitativos, 3. estudios empíricos de naturaleza mixta y 4. análisis reflexivos y/o críticos redactados a partir de bibliografía científica; e. *Relación específica con la temática*: con alguna mención específica a FID y Ciencias para la Ciudadanía. En este sentido, se consideraron

como válidas aquellas publicaciones que comunicaban experiencias en diferentes contextos y niveles educativos o manuscritos con propuestas formativas a partir de enfoques teóricos. En la Figura 1 se presentan los criterios de inclusión y exclusión de la revisión sistemática realizada.

Figura 1 – Criterios de elegibilidad de inclusión y exclusión según PRISMA 2020.

| Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|--|---|
| Estudios centrados en educación formal: formación inicial docente, futuros profesores o formadores de profesores, E. Primaria, Secundaria. | Estudios no empíricos o secundarios como editoriales, libros, actas congresos. |
| Estudios en ciudadanía científica o ciencias para la ciudadanía. | Estudios sobre temáticas ciudadanía en ciencias sociales. |
| Estudios cuantitativos, cualitativos, mixtos con definiciones, operacionalización de conceptos, análisis de datos y conclusiones. | Estudios cualitativos, cuantitativos sin definiciones y análisis de datos teóricos. |
| Bases de datos como Web of Science, Scopus, y Scielo. | Tesis de titulación o postgrados. |
| Estudios publicados en los últimos 5 años. | Estudios anteriores al año 2018. |

Fuente: elaboración propia (2023).

Fase III. La estrategia de búsqueda. Para el primer objetivo se incluyeron los documentos publicados durante los últimos 5 años, sin embargo, para el segundo propósito se amplió la búsqueda a todos los documentos publicados desde 1999, debido al escaso número de artículos publicados en la conceptualización de Ciencias para la Ciudadanía. Todos los artículos considerados pertenecen al área de la educación y están relacionados a la formación inicial en profesores de Ciencias Naturales. La exploración electrónica se realizó en bases de datos de Web of Science (WOS), Scopus y Scielo, que reporta artículos realizados en Latinoamérica.

Para la selección de artículos se emplearon palabras clave en español e inglés; para incluir una mayor cantidad de documentos, se aplicó un filtro de “año” para recopilar los manuscritos desde el 2018 al 2023 y en segunda búsqueda solo se consideró el idioma inglés. Las palabras clave del primer propósito de búsqueda fueron ingresadas a las bases de datos manteniendo los siguientes boléanos y orden: 1. en inglés; “Science for citizenship OR Citizen science OR Interdisciplinary science AND Initial teacher training OR pre-service secondary teacher OR pre-service teaching practices” y 2. en español; “Ciencias para la ciudadanía OR ciencia ciudadana OR ciencia interdisciplinaria AND formación inicial del profesorado OR profesor de secundaria en formación OR prácticas de enseñanza antes del servicio”. Las palabras clave para este objetivo de conceptualización de la búsqueda fueron ingresadas a las bases de datos manteniendo los siguientes boléanos y orden: 1. en inglés; “citizen science” AND “Global citizenship” AND “citizenship education” AND “science education” NOT “social Sciences”.

Fase IV. El proceso de selección y recopilación de datos de los documentos (ver Figura 1) fue realizada por 3 investigadores durante el año 2022. Los artículos se seleccionaron a partir de la lectura del resumen, posteriormente se analizó cada artículo por completo, se trabajó de manera conjunta para contrastar y consensuar los hallazgos sobre la base de las siguientes categorías descriptivas: autor/es, año, país; diseño, método, técnica de recolección de los datos, muestra y número de participantes; conclusiones y hallazgos. La información recogida en cada comunicación se agregó a una plantilla de Excel. Cada documento fue evaluado por el equipo de investigadores de acuerdo con la concordancia con los objetivos de la investigación, las dimensiones de estudio, las preguntas de investigación, categorías de análisis según se presentan en la Tabla 1.

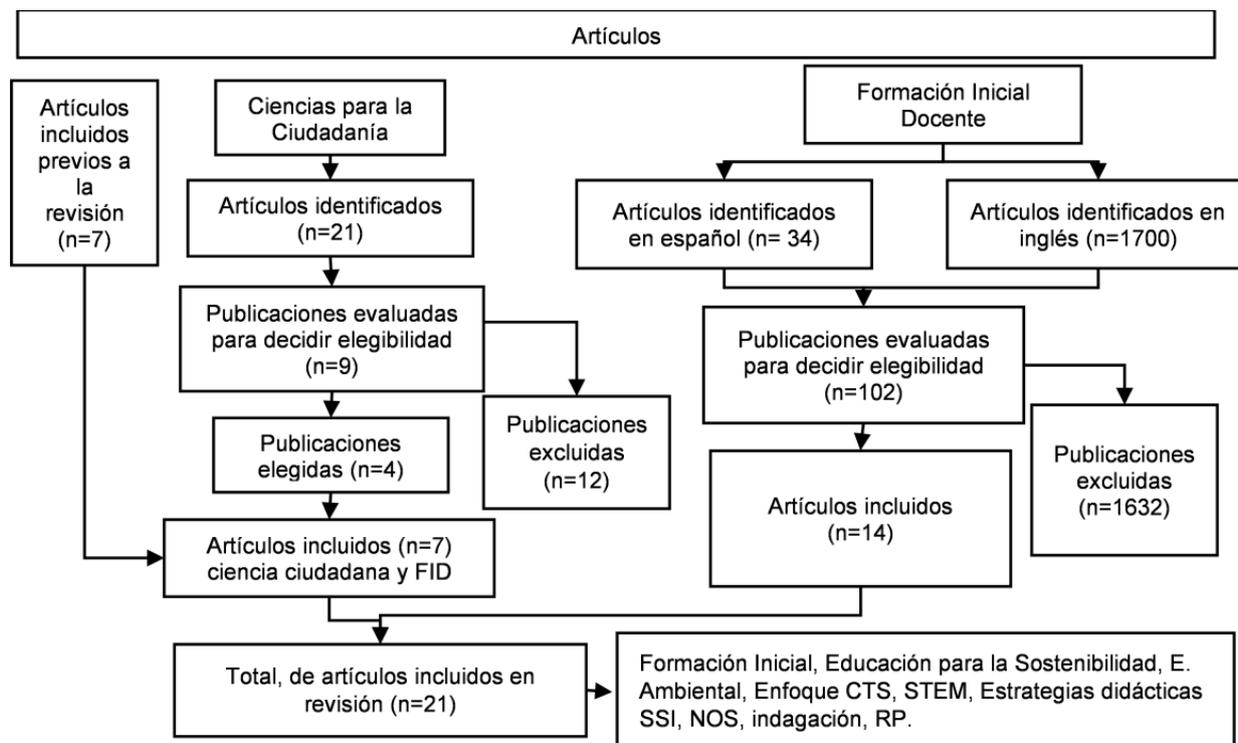
Tabla 1 – Dimensiones, preguntas y categorías de análisis en la revisión sistemática.

| Dimensión | Preguntas de investigación | Categorías de análisis |
|----------------------------|---|--|
| Marco conceptual | ¿Cómo se caracteriza conceptualmente desde la literatura Ciencias para la Ciudadanía, “Science for Citizenship”, “Citizen Science” con la Formación Inicial Docente? | Red conceptual de codificación |
| Caracterización documental | ¿Cuál es la distribución geográfica, cuartil de las publicaciones y niveles educativos incluidos en la revisión sistemática? | País del primer autor, cuartil de la revista, E. Primaria / E. Secundaria/ E. Superior |
| | ¿Qué metodologías de investigación se utilizan en los estudios seleccionados, su diseño, el tamaño de muestra y los instrumentos empleados? | Estudios teóricos, cualitativos, cuantitativos, mixtos, RSL |
| Pedagógica | ¿Cuáles son los enfoques pedagógicos y estrategias didácticas adoptados por la literatura para enseñar Ciencias para la Ciudadanía en formación de profesores en la Educación Superior? | Enfoque E-A ciencias Estrategias E-A |
| | ¿Cómo se relacionan las áreas de conocimiento implicadas en las publicaciones con la formación inicial de profesores de Ciencias? | Ciencias para la ciudadanía Formación Inicial Docente |
| | ¿Cuáles son las orientaciones propuestas hacia un modelo de formación inicial de profesores para la enseñanza de Ciencias para la Ciudadanía? | Aspectos claves para FID |

Fuente: elaboración propia (2023).

En la Figura 2 se presenta el Diagrama de flujo PRISMA 2020 para el diseño de estudio, el cual se ha adaptado siguiendo la propuesta de Page *et al.* (2021).

Figura 2 – Flujo de la selección de estudio basado en metodología PRISMA 2020.



Fuente: elaborado a partir de Page *et al.* (2021).

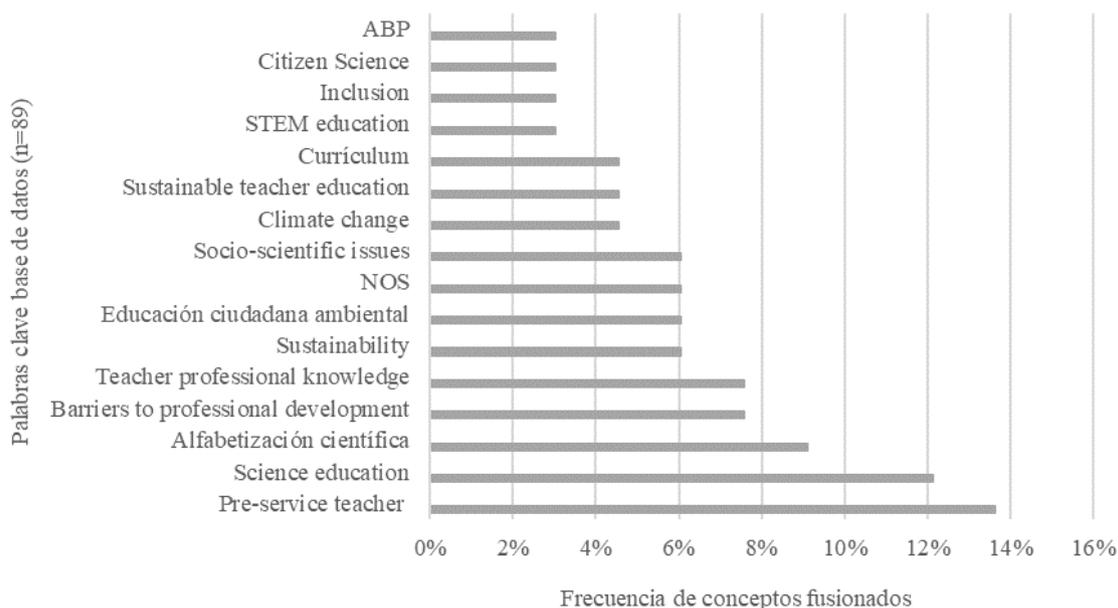
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan según los objetivos planteados y las preguntas de investigación asociadas a la dimensión de la revisión sistemática de literatura (RSL). Se identificaron 102 artículos de Formación Inicial Docente, 9 artículos de Ciencias para la Ciudadanía, 7 artículos previos a la revisión se focalizaron en encontrar publicaciones que relacionaran “Ciencia para la Ciudadanía” y “Formación Inicial Docente”. Del total de artículos incluidos en la revisión solo 21 cumplieron con los criterios de selección según los objetivos específicos planteados para la RSL, luego de haber realizado el análisis del contenido de los documentos. Para dar respuesta a las preguntas planteadas en este estudio se presentan los resultados según dimensiones que presenta la Tabla 1.

DIMENSIÓN CONCEPTUAL

La caracterización se realizó considerando el total de palabras claves (n=89) de los documentos seleccionados (n=21) y por su co-ocurrencia en los conceptos, los cuales por su afinidad temática se fusionaron en el programa ATLAS.ti V9. La Figura 3 muestra los resultados según su frecuencia conceptual.

Figura 3 – Distribución porcentual de tipología conceptual en la selección de publicaciones.



Fuente: elaboración propia (2023).

Los resultados en la Figura 3 muestran la red conceptual de palabras clave según frecuencia con respecto a “Ciencias para la Ciudadanía” y “formación inicial de profesores de ciencias” en los artículos seleccionados, con el fin de entregar todo el espectro de conceptos asociados a las publicaciones. Los conceptos con mayor frecuencia corresponden a “pre-service teacher” (14%), seguido por “science education” (12%), alfabetización científica (9%), sin embargo, los conceptos de “Citizen science” en la red presentan la menor frecuencia (3%). El conocimiento profesional y barreras en el desarrollo profesional agrupan a un 8% de conceptos claves. La educación ambiental y sustentabilidad (6%) y “climate change” (5%). Los códigos que agrupan como palabra clave el enfoque educativo se repiten en un 6% sobre naturaleza de las ciencias (NOS), en STEM un 3% y Aprendizaje Basado en Proyecto (ABP) (3%). Aun cuando el análisis de contenido “pre-service teacher” presenta la mayor frecuencia

es relevante señalar la baja mención de “Citizen science”, pues solo en cinco artículos es incluida en el título del estudio, lo que podría atribuirse a que se estos se realizaron en países donde ya está incorporada la ciencia ciudadana como una competencia curricular desde el grado de infantil hasta secundaria, sin embargo, no es el caso de algunos países latinoamericanos, como Chile.

DIMENSIÓN CARACTERIZACIÓN DOCUMENTAL

La Tabla 2 muestra que la mayor cantidad de artículos incluidos proviene de Europa (62%), seguidos de Asia (14%) y América (14%); con similares proporciones y una menor producción de publicaciones se encuentra África (10%). En las investigaciones analizadas (n=21) según su factor de impacto las publicaciones del cuartil Q1 corresponden al (50%) y Q2 (50%). Los estudios emplearon en su mayoría la metodología cualitativa (45%), seguidos por cuantitativos (19%) y diseños mixtos (14%). Las revisiones sistemáticas de literatura corresponden a un 24% de las investigaciones. Al revisar los niveles educativos considerados en las muestras de estudio, la mayor parte (94%), son de Educación Superior en Formación Inicial Docente (FID) y un (6%) de Educación Secundaria en enseñanza de las ciencias. El idioma más utilizado, por el 72% de los artículos, corresponde al inglés, el 28% al español y el 4,7% al portugués. En la Tabla 2 se presenta, revisadas en detalle, la caracterización de las publicaciones.

Tabla 2 – Caracterización publicaciones sobre ciencias para la ciudadanía y formación inicial docente.

| Autor País | Cuartil/Artículo | Metodología |
|--|--|---|
| Adamou <i>et al.</i> (2021) Chipre | Q1 Environmental Citizen Science Initiatives as a Springboard towards the Education for Environmental Citizenship: A Systematic Literature Review of Empirical Research | Revisión de literatura con investigaciones empíricas para la ciudadanía ambiental (2000 a 2020). Siguiendo PRISMA. a. Identificación, b. Selección y c. Elegibilidad. Se utilizó 4 bases de datos electrónicas: Scopus, Web of Science, Education Research Complete (a través de EBSCO) y ScienceDirect. |
| González-García <i>et al.</i> (2019) España | Q1 The Nature of Science and Citizenship: a Delphi Analysis | Revisión de la literatura sobre la naturaleza de la ciencia. Estudio Delphi de 31 expertos sobre aspectos clave de la competencia científica para la ciudadanía. Involucró etapas: 1. identificación temática de naturaleza de la ciencia primarias de los expertos; 2. análisis de evolución en valoración de estos temas a lo largo de las rondas Delphi; 3) análisis de la variabilidad entre los expertos (varianza con la prueba post hoc de Scheffé). |
| Salinas <i>et al.</i> (2020) Chile | Q1 Climate Change in Chile’s School Science Curriculum | Exploración de documentos (n=15), utilizando como base de datos las Bases Curriculares y Planes y Programas de Estudios Escolares de Ciencias de Chile. Diseño de análisis de contenido. No indica confiabilidad. |
| Shulla <i>et al.</i> (2020) Alemania | Q1 Channels of collaboration for citizen science and the sustainable development goals | Encuesta internacional a través de Google Forms sobre controversias sociocientíficas sobre ODS (n=84) diversas disciplinas. Análisis descriptivo de 11 preguntas para detectar el involucramiento de los encuestados en 2 Talleres: 1. Taller de WG4 y EU-Citizen Science: co-creando la plataforma europea de ciencia ciudadana del futuro y el 2. Taller de GT5, sobre ontología, estándares y datos de ciencia ciudadana. |

Continúa...

Tabla 2 – Continuación.

| Autor País | Cuartil/Artículo | Metodología |
|--|---|---|
| Manasia, Ianos y Chicioareanu (2020) Rumania | Q1 Pre-Service Teacher Preparedness for Fostering Education for Sustainable Development: An Empirical Analysis of Central Dimensions of Teaching Readiness | Enfoque cuantitativo con diseño transversal exploratorio, descriptivo e inferencial en futuros docentes de STEAM (n=312) de pre y posgrado. Incluye 3 etapas: estadísticas descriptivas, análisis factorial, modelo de ecuaciones estructurales. Instrumento; escala Likert (alfa de Cronbach >0,8) y análisis la correlación sobre los factores del modelo de formación (SEM, r >0,8). |
| Gallego-Noche <i>et al.</i> (2022) España | Q1 Inclusive Assessment and Sustainability Dimensions: Pre-Service Teachers' Ideas and Knowledge | Enfoque cualitativo e interpretativo de investigación-acción. En (n=24) profesores de primaria y estudiantes del Máster en Investigación Educativa para el Desarrollo Profesional Docente. Los análisis de datos se realizaron mediante Nvivo 12 Plus. Luego de una intervención, se aplicó cuestionario de preguntas abiertas inicial y final con el objetivo de profundizar en la perspectiva de la EfS y la EI como ejes teóricos y éticos a partir de los cuales diseñar sistemas de evaluación. |
| Winter, Kranz y Möller (2022) Austria | Q1 Climate Change Education Challenges from Two Different Perspectives of Change Agents: Perceptions of School Students and Pre-Service Teachers | Enfoque cualitativo con un diseño descriptivo y exploratorio con análisis de contenido a (n=18) futuros profesores de Biología y (n=80) estudiantes de 12° grado. Se aplicó una encuesta sobre cambio climático el programa Qualitative Data Analysis MAXQDA 2022. |
| Kang (2019) Corea | Q1 Perceived Barriers to Implementing Education for Sustainable Development among Korean Teachers. | Análisis descriptivo e inferencial. (n=211) futuros profesores de ciencias. Uso de cuestionario para detectar las barreras de los futuros profesores frente al desarrollo sostenible (DS). Se realizó el análisis de componentes principales no lineales con SPSS. La fiabilidad se determinó por un panel de expertos. |
| Mukagihana, Nsanganwimana y Aurah (2022) Kenia | Q1 Effect of instructional methods on pre-service science teachers learning outcomes: a meta-analysis | Revisión sistemática en un meta-análisis (n=25) de Google Scholar, Eric y Science Direct para estudiar los métodos de instrucción utilizados para enseñar a los futuros docentes de ciencias en el período de 2010 a 2020. Se calculó el efecto causal del método de instrucción según la d de Cohen que osciló entre 0,8 y 2. |
| Mesci, Çavus-Güngören y Yesildag-Hasancebi (2020) Turquía | Q1 Investigating the development of pre-service science teachers' NOSI views and related teaching practices | Enfoque cualitativo de estudio de caso en prácticas de laboratorio, se utilizó un pre y pos-cuestionario sobre la naturaleza de la investigación científica (NOSI) y entrevistas de seguimiento. Las primeras semanas se hizo experimentos científicos contextualizados y actividades no contextualizadas, luego el plan de lección 5E basado en la investigación, observaciones en el aula, grabaciones de video y entrevistas semiestructuradas, consideró un estudio de caso (n=34) futuros profesores de Ciencias. No indica confiabilidad. |

Continúa...

Tabla 2 – Continuación.

| Autor País | Cuartil/Artículo | Metodología |
|---|---|--|
| do Nascimento y Motokane (2023) Brasil | Q2 La recontextualización de discursos sobre biodiversidad y ciudadanía en un curso de formación para profesores de ciencias | Enfoque cualitativo. Estudio de caso con observación no participante en un curso de formación de profesores de Ciencias (n=29). investigación de tipo deductivo, basada en categorías y códigos preestablecidos a partir del marco teórico. No indica confiabilidad. |
| Valladares (2021) México | Q2 Alfabetización Científica y Transformación Social Perspectivas críticas sobre participación científica y emancipación | Análisis teórico sistemático de las 3 principales visiones del concepto de alfabetización científica desarrolladas en los últimos 20 años: visión transmisiva I. del proceso educativo, visión sociocultural II. y situada del proceso educativo, visión transformadora comprometida con la participación y la emancipación III. No señala confiabilidad. |
| González-Valencia, Ballbé y Ortega-Sánchez (2020) España | Q2 Global Citizenship and Analysis of Social Facts: Results of a Study with Pre-Service Teachers | Enfoque mixto, muestreo por conveniencia en máster de profesorado de 2 universidades de España, se aplicó un cuestionario con un estudio de caso en relación a una problemática (foto) global y local. Diseños no experimentales, de alcance transversal, descriptivo, comparativo e inferencial. |
| Nida, Pratiei y Eilks (2021) Alemania | Q2 A case study on the use of contexts and socio-scientific issues-based science education by pre-service junior high school science teachers in indonesia during their final year teaching internship | Diseño con aplicación cuestionario y entrevistas a futuros profesores de Ciencias (n=42) sobre la frecuencia con la que utilizan contextos de la vida cotidiana en clases, el tipo y el orden de aprendizaje de los contextos. Análisis descriptivo porcentual. No indica confiabilidad. |
| Boi y Khuzwayo (2019) Sudáfrica | Q2 Difficulties in developing a curriculum for pre-service science teachers. | Paradigma interpretativo y constructivista, estudio de caso múltiple en el seguimiento a formadores de profesores (n=6) universidades. El estudio de caso considera A. (universidades fusionadas después de technikons históricos y las facultades de educación, B. (U. históricamente blancas) y C. (U. Fusionadas que históricamente eran universidades locales. Se analizaron esquemas de cursos, guías de estudio y entrevistas. A través de tablas. |
| Kousa, Aksela y Ferk Savec (2018) Finlandia | Q2 Pre-Service Teachers' Beliefs about the Benefits and Challenges of STSE Based School-Industry Collaboration and Practices in Science Education | Estudio mixto. (n=42) futuros profesores de química finlandeses y eslovenos. Encuesta previa y posterior. Prueba t de muestras pareadas, SPSS 25.0; escritos reflexivos, análisis de contenido, técnica de codificación abierta. Fiabilidad codificación: valor kappa (0,828). |

Continúa...

Tabla 2 – Continuación.

| Autor País | Cuartil/Artículo | Metodología |
|---|--|--|
| Yip (2020) China | Q2 Developing Undergraduate Student Teachers' Competence in Integrative STEM Teaching | Enfoque cualitativo, se realizó una intervención y se aplicaron cuestionarios para evaluar concepciones STEM de (n=25 futuros profesores. Análisis de entrevista mediante una codificación abierta y axial. No indica confiabilidad. |
| Dos Santos (2020) China | Q2 Pre-service teachers' pedagogical development through the peer observation professional development programme | Enfoque cualitativo; entrevistas y ciclo de observación entre pares, (n=12) futuros profesores, (n=4) profesores de nivel medio y (n=4) nivel experto de STEM de ciencias; análisis por codificación abierta. No se indica confiabilidad. |
| Berisha y Vula (2021) Kosovo | Q2 Developing pre-service teachers' conceptualization of STEM and STEM pedagogical practices | Enfoque cualitativo, (n=22). Futuros profesores de matemática y (n=18) química. Preguntas reflexivas pre y post taller Intervención; Análisis por contrastación constante. No señala confiabilidad. |
| Alan, Kirbag Zengin y Keçeci (2019) Turquía | Q2 Using STEM Applications for Supporting Integrated Teaching Knowledge of Pre-Service Science Teachers | Enfoque mixto; diseño paralelo convergente. (n=31) Profesores en servicio, (n=31) profesores en formación de Ciencias, grupo experimental y control. Prueba de inventario de resolución de problemas. Análisis estadístico descriptivo, SPSS 22; fiabilidad alfa de Cronbach de 0,90; diarios de las perspectivas por análisis de contenido. |
| Acevedo-Díaz, Aragón-Méndez y García-Carmona (2018) España | SciELO Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia | Estudio de tipo cualitativo (n=17) graduados en Biología, Ciencias Ambientales, Ciencias del Mar, Farmacia y Bioquímica para responder a preguntas abiertas y reflexivas. La fiabilidad del estudio por análisis inter e intra-jueces. |

Fuente: elaboración propia (2023).

Respecto a la *Identificación de los diseños de investigación* en la Tabla 2. Las investigaciones analizadas (n=21) en formación inicial de profesores de Ciencias se realizaron en su mayoría en el paradigma interpretativo, bajo un enfoque cualitativo (67%) con diseños en base a estudio de casos. Los estudios cuantitativos son los menos utilizados (14%) en estas publicaciones. Mediante la aplicación de test, se presentan dos estudios con muestras superiores a 100 participantes y un estudio con muestra menor a 100. Los estudios de diseño mixto en un 19%, recopilaron información mediante entrevistas con preguntas abiertas y cuestionarios. Por su parte, el análisis documental por revisión sistemática de literatura agrupa principalmente a los estudios en educación ambiental y educación en sostenibilidad.

Al analizar las problemáticas de interés de los estudios, estos corresponden a contextos cotidianos de ciudadanía local, global, de ciudadanía ambiental, biodiversidad, cambio climático, educación para la sostenibilidad, barreras para el desarrollo sostenible y los ODS que aluden al ámbito valórico, actitudes e iniciativas como ciudadanos como, por ejemplo, Adamou *et al.* (2021); Shulla

et al. (2020); Gallego-Noche *et al.* (2022). Se señalan limitaciones en la formación inicial al integrar las ciencias durante la enseñanza de un contenido científico. Booi y Khuzwayo (2019) reparan en la falta de conocimiento o confusiones y ausencia de oportunidades formativas de los futuros docentes para implementar educación sustentable Kang (2019); Winter, Kranz y Möller (2022).

Otras líneas de investigación corresponden a ensayos teóricos sobre la competencia científica, competencia para la ciudadanía, alfabetización científica, cuyas conclusiones señalan la necesidad de repensar esta última, incluyendo su sentido interdisciplinar, compatible con la diversidad cultural y con la vida de los estudiantes (Valladares, 2021) y la competencia ciudadana que involucra conocimientos, habilidades y actitudes que se reflejan en comportamientos y acciones que requieren pensar en iniciativas a nivel educativo (Adamou *et al.*, 2021). Finalmente, la mayor parte de los estudios cualitativos revisados analizan el uso de metodologías como el ABP, STEM, STEAM, CSS, NOS, NOSI, indagación, para resolver problemas (Alan, Kirbag Zengin y Keçeci, 2019), desarrollar las habilidades del siglo XXI (Berisha y Vula, 2021), también para argumentar con temas controversiales (Acevedo-Díaz, Aragón-Méndez y García-Carmona, 2018) y elaborar productos (Yip, 2020).

DIMENSIÓN PEDAGÓGICA: ENFOQUES EDUCATIVOS, HABILIDADES Y ACTITUDES, FORMACIÓN INICIAL

Se han identificado variados enfoques pedagógicos que orientan los estudios revisados y, según los énfasis en su perspectiva educativa, se han agrupado en las siguientes categorías.

TIPOS DE ENFOQUES EDUCATIVOS APLICADOS EN CIENCIAS CIUDADANA

Autores como Kousa, Aksela y Ferk Savec (2018); Alan, Kirbag Zengin y Keçeci (2019); González-García *et al.* (2019); Dos Santos (2020); Mesci, Çavus-Güngören y Yesildag-Hasancebi (2020); Yip (2020); Berisha y Vula (2021) coinciden en los enfoques de enseñanza NOS, CTS y STEM para utilizar en Ciencias para la Ciudadanía. Para Mesci, Çavus-Güngören y Yesildag-Hasancebi (2020), los aspectos de la naturaleza de la ciencia (NOS) y NOSI, que incluye la educación ambiental son un componente importante de la educación científica para los ciudadanos. En los trabajos de formación inicial en temas de Ciencia, Tecnología, Sociedad, Ambiente (CTSE, sigla en inglés), los futuros profesores se mostraron más seguros en su práctica pedagógica. Según los estudios que abordaron el uso de enfoque STEM, la intervención fue eficaz en el desarrollo de habilidades de resolución de problemas para los profesores en pre-servicio; se mejoró las prácticas colaborativas entre los futuros profesores de Química y Matemática. Además, se detectó un positivo efecto sobre la conceptualización STEM.

En las publicaciones se utilizaron estrategias metodológicas como las controversias sociocientíficas (SSI), resolución de problemas e indagación científica las cuales favorecen el aprendizaje de valores, la participación democrática, el pensamiento crítico, que son mencionadas por Acevedo-Díaz, Aragón-Méndez y García-Carmona (2018); González-Valencia, Ballbé y Ortega-Sánchez (2020); Mukagihana, Nsanganwimana y Aurah (2022). Por su parte, Nida, Pratiwi y Eilks (2021) destacan que al enseñar las ciencias en contexto sirve para motivar a los estudiantes y, por lo mismo, los contextos elegidos por los futuros docentes deben ser de la vida cotidiana, local y problemas de la sociedad, entre otros.

PROMOCIÓN DE HABILIDADES Y ACTITUDES

Los estudios de Shulla *et al.* (2020) y Adamou *et al.* (2021) concuerdan que la ciencia ciudadana y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) comparten los mismos valores en cuanto a los retos de sustentabilidad mundial y el empoderamiento de las personas que permiten la colaboración entre distintos niveles de la sociedad, dado que estas iniciativas de Ciencia Ciudadana Ambiental mejoraron las habilidades y el conocimiento de los ciudadanos sobre sus competencias, actitudes, valores y

comportamientos. En la formación de futuros profesores según Gallego-Noche *et al.* (2022), la perspectiva de educación para el desarrollo sostenible y educación inclusiva sirvieron como marco orientador en la dimensión ideológica y ética para detectar un posicionamiento ante las situaciones que se plantearon.

FORMACIÓN INICIAL PARA LA TRANSFORMACIÓN Y JUSTICIA SOCIAL

Kang (2019); Booi y Khuzwayo (2019); Winter, Kranz y Möller (2022) establecen las limitaciones de los procesos de enseñanza y aprendizaje de las ciencias por parte de los docentes, las que radican en la falta de conocimiento, el nulo logro de la integración de las ciencias. Salinas *et al.* (2022), señala que el desarrollo reciente del currículo integrado en Ciencias en las Bases Curriculares de Tercer y Cuarto año puede producir conflicto para los docentes y, por tanto, crear varios tipos de respuestas en su implementación. Para do Nascimento y Motokane (2023) la formación de profesores de Ciencias debe permear los ámbitos de la biodiversidad y de la ciudadanía para lograr la transformación cultural y superar situaciones socioambientales desiguales.

Por tanto, en esta dimensión pedagógica es necesario implicarse en la enseñanza crítica y transformadora para tomar decisiones basadas en la ciencia que conduzcan acciones efectivas en la transformación social y, por ello, Valladares (2021) afirma la necesidad de repensar y reconceptualizar la alfabetización científica incluyendo su sentido interdisciplinar más compatible con la diversidad de experiencias culturales y sociales en las que se insertan estudiantes y docentes. Concordamos con su postura cuando afirma que el conocimiento científico involucra emancipación y una participación más incluyente, coherente con la visión crítica (III) de la alfabetización científica transformadora que visibiliza los aportes informales de diversos grupos sociales históricamente vulnerables y habitualmente excluidos de la ciencia y la tecnología. En este posicionamiento, la educación científica a de fomentar la justicia social en la distribución más equitativa de los beneficios de la ciencia para construir una resiliencia más global, proyectando nuevas relaciones sociales antiopresivas, más solidarias y sostenibles, no solo entre los seres humanos, sino también entre estos y el medio ambiente. En este sentido, Ciencias para la Ciudadanía, ofrece una oportunidad para el aprendizaje, como espacio educativo para discutir y tomar decisiones en rol social de la ciencia.

APORTES A LA RELACIÓN COMPRENSIVA ENTRE FORMACIÓN INICIAL DOCENTE Y ENSEÑANZA DE CIENCIAS PARA LA CIUDADANÍA

En el análisis específico de la revisión de investigaciones (n=7) que relacionaron la ciencia ciudadana con la Formación Inicial Docente, en sus aspectos relevantes, los autores señalan:

Se requiere de una formación de profesores transformadores (Oliveira y Queiroz, 2016), para formar estudiantes como ciudadanos activos y críticos. Domènech (2018) comparte la visión que el ciudadano científicamente competente debe ser capaz de actuar, y no solo como consumidor, también debe actuar como integrante de una comunidad y Valladares (2021) señala desde la alfabetización científica crítica que formar los ciudadanos del siglo XXI implica educar en la justicia social y preparar para la libertad. Para do Nascimento y Motokane (2023) la educación científica en ciencia ciudadana está asociada a la educación en derechos humanos que permite la articulación entre el contenido científico, los valores sociales irrevocables y sus atributos políticos, contribuyendo a la formación de ciudadanos del mundo.

La conexión entre ciencia y ciudadanía posee distintas aproximaciones que van desde la enseñanza de las ciencias en contexto, (Gilbert, 2006), la Ciencia, Tecnología y Sociedad o CTS (Aikenhead, 2006), las Controversias Socio-Científicas (Sadler, 2009) o la Educación Ambiental y la Alfabetización Científica crítica (Bybee, 1997). La formación de profesores tiene que aportar a las necesidades educativas que emergen de una ciudadanía expandida (Osborne y Dillon 2008). Y demanda al profesor participar en la formación del carácter de los estudiantes como futuros ciudadanos globales (Zeidler y Nichols, 2009).

La enseñanza de ciencias para la ciudadanía, según González-García *et al.* (2019) y González-Valencia, Ballbé y Ortega-Sánchez (2020) debe estar con relación a la ciudadanía global, para facilitar que las personas puedan mejorar la comprensión de la interrelación entre la ciudadanía, la política, la democracia y el proceso de globalización, que los lleva a entender las implicaciones políticas, económicas, culturales, sociales y ambientales de manera que los ciudadanos sean capaces de actuar no solo como usuarios de la ciencia, sino como participantes informados en las decisiones de política científica, o incluso en los proyectos científicos (Haywood y Besley, 2014). Para estos autores, la Formación Inicial Docente debe incorporar la “educación para la ciudadanía global” que favorece la promoción del concepto de ciudadanía activa en contextos educativos para la ciudadanía democrática (Pollak *et al.*, 2017). Del mismo modo considerar en los programas de formación del profesorado el conocimiento de la NOS que puede beneficiar a los ciudadanos a lo largo de su vida, puesto que es un tema que rara vez se aborda en las escuelas y menos aún en contextos de aprendizaje permanente informal y no formal (Perrenoud, 2012).

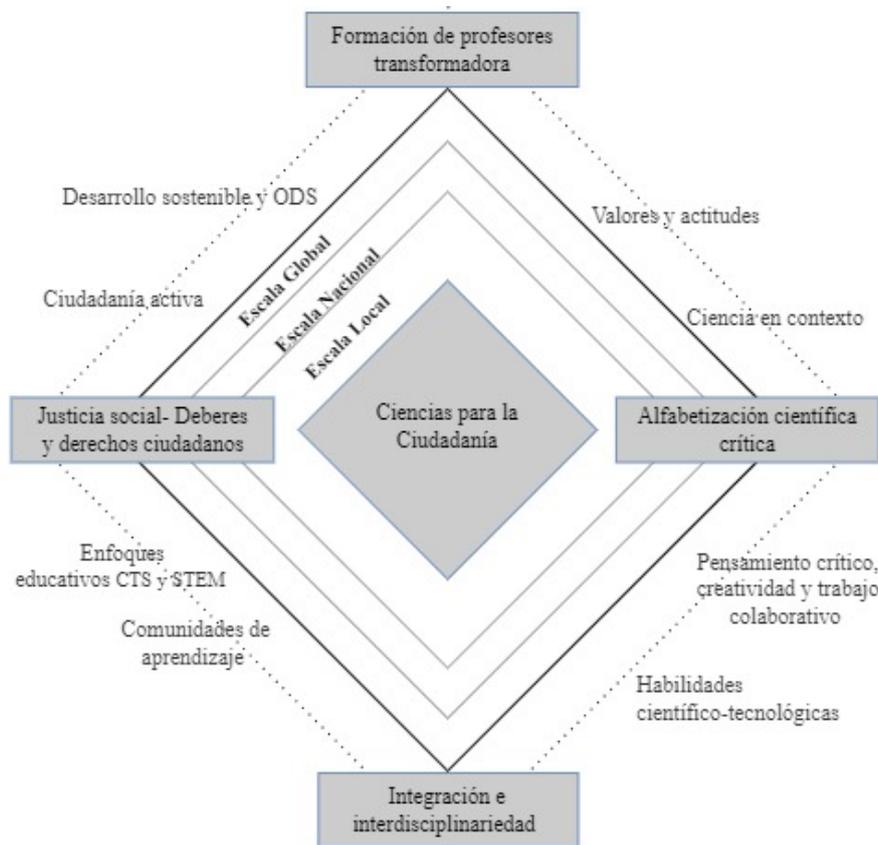
De acuerdo con Shulla *et al.* (2020); Adamou *et al.* (2021) el concepto de “ciencia ciudadana”, es polifacético (Irwin, 1995), fomenta la cohesión social (Agenda 2030) y se refiere a la participación de los ciudadanos en el proceso científico, ya que aspira a beneficiar a todas las personas y no dejar a nadie atrás por medio de la ciudadanía global y la responsabilidad compartida (ONU, 2015). Los autores establecen relaciones al afirmar que la ciencia ciudadana debe ser una herramienta educativa que combina el aprendizaje no tradicional y el tradicional, porque puede contribuir a la formación de profesores, también a la educación y posterior transformación de los ciudadanos en ciudadanos activos y conscientes del medio ambiente. Específicamente, Adamou *et al.* (2021) se refiere al concepto de “ciudadanía ambiental” que se manifiesta en las actitudes positivas de los ciudadanos hacia el medio ambiente.

En Chile, existen escasos estudios y propuestas en la formación inicial que han abordado cómo enseñar Ciencias para la Ciudadanía, porque la implementación ha demandado a la FID redefinir y ajustar sus programas de estudio, de acuerdo con el nuevo currículum (Merino Rubilar, 2023). Por lo mismo, la pandemia no ayudó al proceso de acompañamiento en su puesta en marcha y tanto para la Formación Inicial Docente como para los profesores en ejercicio las orientaciones curriculares entregadas pueden adquirir diversas interpretaciones subjetivas en el aula. Por ello, se hace necesario que en la formación de profesores existan procesos educativos que estén vinculados con el desarrollo de habilidades pedagógicas para la Formación Ciudadana (Torres Valderrama y Aparicio Molina, 2022).

ORIENTACIONES HACIA UN MODELO DE FORMACIÓN INICIAL PARA ENSEÑAR CIENCIAS PARA LA CIUDADANÍA

El objetivo de este artículo ha sido detectar aspectos clave en la formación de futuros profesores de ciencias para llevar a cabo prácticas de enseñanza que promuevan la construcción de una ciudadanía crítica. Para ello, se ha desarrollado una revisión sistemática de la literatura que nos ha permitido responder cinco preguntas de investigación. Los hallazgos más relevantes se encuentran en el entramado de aspectos clave identificados en la FID para la transformación que muestra la Figura 4, en la que se representa como se articula el conocimiento de la alfabetización científica crítica para la justicia social (visión III), situados en el contexto *personal, social, histórico, local, nacional* o como ciudadanos del mundo *global* en el desempeño de tareas que utilizan los conocimientos científicos en fenómenos o situaciones de la vida real, o no. Desde la integración de las ciencias o interdisciplinariamente como medio para promover un aprendizaje integrador, desarrollo sostenible, ciudadanía activa, enfoques educativos para enseñar ciencias, habilidades científico-tecnológicas, promoción de habilidades para el siglo XXI (pensamiento crítico, creatividad y trabajo colaborativo), considerando las relaciones que los investigadores establecieron entre ellos.

Figura 4 – Propuesta modelo formación inicial transformador de profesores de ciencias para enseñanza de ciencias para la ciudadanía.



Fuente: elaboración propia (2023).

De este modo, se avanza hacia una propuesta de “modelo formativo” orientador, considerando el estado actual del conocimiento. Desde allí, se puede iniciar una exploración profunda en aspectos claves de la enseñanza de Ciencias para la Ciudadanía, a fin de cubrir brechas poco exploradas, pero de gran relevancia educativa y social. La enseñanza universitaria, especialmente la que forma futuros profesores de Ciencias requiere de transformaciones para obtener aprendizajes contextualizados y el logro de competencias profesionales.

CONCLUSIONES

Se concluye que gran parte de los estudios se orientan en formación inicial de profesores de Ciencias en educación en sostenibilidad y medio ambiente, pero hay ausencia de experiencias en formación para desarrollar competencias ciudadanas en profesores de Ciencias. Los estudios proponen enfoques educativos NOS/STEM para el desarrollo de habilidades científico-tecnológicas y del Siglo XXI. Las estrategias didácticas en las intervenciones dan cuenta del uso de controversias socio-científicas (SSI), ABP, resolución de problemas e indagación científica que facilitaron el desarrollo de aspectos de alfabetización científica y la transformación de ciudadanos activos en su comunidad. La educación para la ciudadanía global o expandida tiene mayor desarrollo en investigación en países de habla inglesa. Por último, incluyendo los hallazgos de dimensiones clave, se propone un insumo teórico para la enseñanza de la nueva asignatura “Ciencias para la Ciudadanía” de las Bases Curriculares (MINEDUC, 2019) y la propuesta en formación inicial hacia un “modelo formativo transformador de profesores de ciencias” que facilite estudios empíricos poco explorados, al tiempo de aportar comprensión a la comunidad interesada en esta línea de investigación.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto ANID FONDECYT iniciación 11220596.

REFERENCIAS

ACEVEDO-DÍAZ, José Antonio; ARAGÓN-MÉNDEZ, María del Mar; GARCÍA-CARMONA, Antonio. Comprensión de futuros profesores de ciencia sobre aspectos epistémicos de la naturaleza de la ciencia en cuatro controversias de historia de la ciencia. **Revista Científica**, Bogotá, n. 33, p. 344-355, sep.-dic. 2018. <https://doi.org/10.14483/23448350.13355>

ADAMOY, Anastasia; GEORGIU, Yiannis; PARASKEVA-HADJICHAMBI, Demetra; HADJICHAMBIS, Andreas Ch. Environmental citizen science initiatives as a springboard towards the education for environmental citizenship: A systematic literature review of empirical research. **Sustainability**, Chipre, v. 13, n. 24, p. 13692-13721, nov.-dic. 2021. <https://doi.org/10.3390/su132413692>

AIKENHEAD, Glen S. **Science education for everyday life**. Evidence-based practice. New York: Teachers College Press, 2006.

ALAN, Burcu; KIRBAG ZENGIN, Fikriye; KEÇECİ, Gonca. Using STEM Applications for Supporting Integrated Teaching Knowledge of Pre-Service Science Teachers. **Journal of Baltic Science Education**, v. 18, n. 2, p. 158-170, 2019. <https://doi.org/10.33225/jbse/19.18.158>

ÁVALOS, Beatrice. **Las instituciones formadoras de docentes y las claves para formar buenos docentes**. Santiago: Ministerio de Educación de Chile, 2004.

ÁVALOS, Beatrice. Formación inicial docente en Chile: Calidad y políticas. In: BELLEI, Cristian; CONTRERAS, Daniel; VALENZUELA, Juan Pablo (Eds.). **Ecos de la Revolución Pingüina: avances, debates y silencios en la reforma educacional**. Santiago de Chile: Unicef, Universidad de Chile, 2010. p. 258-284.

ÁVALOS, Beatrice; NAVARRO, Silvia; TÉLLEZ, Francisco. Learning about the effectiveness of teacher education: A Chilean study. **Perspectives in Education**, v. 28, n. 4, p. 11-21, 2010. <https://doi.org/10.38140/pie.v28i4.50>

BERISHA, Fatlume; VULA, Eda. Developing pre-service teachers' conceptualization of STEM and STEM pedagogical practices. **Frontier in Education**, Kosovo, n. 6, p. 1-10, 2021. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.585075>

BOOI, Kwanele; KHUZWAYO, Mamsi Ethel. Difficulties in developing a curriculum for pre-service science teachers. **South African Journal of Education**, Sudáfrica, v. 39, n. 3, p. 1-13, 2019. <https://doi.org/10.15700/saje.v39n3a1517>

BYBEE, Rodger W. **Achieving scientific literacy: from purposes to practices**. Portsmouth: Heinemann, 1997.

CANDAU, Vera Maria Ferrão. Diferenças culturais, interculturalidade e educação em direitos humanos. **Educação e Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 118, p. 235-250, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0101-73302012000100015>

CARTER-THUILLIER, Bastian; GALLARDO-FUENTES, Francisco. Aprendizaje-servicio en contextos migratorios o culturalmente diversos: una revisión sistemática centrada en el campo de la

Educación Física. **Estudios Pedagógicos**, v. 47, n. 4, p. 43-59, 2021. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052021000400043>

CONSEJO NACIONAL DE EDUCACIÓN (CNED). **Acuerdo nº 034/2019**. 2019. Disponible en: <https://www.cned.cl/resolucion-de-acuerdo/acuerdo-ndeg-0342019>. Acceso el: 16 nov. 2023.

DO NASCIMENTO, Larissa Aine; MOTOKANE, Marcelo Tadeu. La recontextualización de discursos sobre biodiversidad y ciudadanía en un curso de formación para profesores de ciencias. **Revista Eureka sobre Educación y Divulgación de las Ciencias**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2023. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1603

DOMÈNECH-CASAL, Jordi. Comprender, decidir y actuar: una propuesta-marco de competencia científica para la ciudadanía. **Revista Eureka sobre Educación y Divulgación de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 110501-110512, 2018. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i1.1105

DOS SANTOS, Luis Miguel. Pre-service teachers' pedagogical development through the peer observation professional development programme, **South African Journal of Education**, v. 40, n. 3, p. 1-12, 2020. <https://doi.org/10.15700/saje.v40n3a1794>

EVAGOROU, Maria. **Discussing a socioscientific issue in a primary school classroom: the case of using a technology-supported environment in formal and nonformal settings, socio-scientific issues in the classroom**. Dordrecht: Springer, 2011.

FEORD, HELEN. **ECSA's characteristics of citizen science**. Trieste: ECSA, 2020.

GALLEGO-NOCHE, Beatriz; GARCÍA-GONZÁLEZ, Esther; JIMÉNEZ-FONTANA, Rocío; AZCÁRATE, Pilar. Inclusive assessment and sustainability dimensions: pre-service teachers' ideas and knowledge. **Sustainability**, v. 14, n. 15, p. 1-19, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14159651>

GILBERT, John K. On the nature of "context" in chemical education. **International Journal of Science and Education**, v. 28, n. 9, p. 957-976, 2006. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>

GONZÁLEZ-GARCÍA, Francisco José; BLANCO-LÓPEZ, Ángel; ESPAÑA-RAMOS, Enrique; FRANCO-MARISCAL, Antonio-Joaquín. The nature of science and citizenship: A Delphi analysis. **Research in Science Education**, v. 51, n. 3, p. 791-818, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9817-5>

GONZÁLEZ-VALENCIA, Gustavo; BALLBÉ, María; ORTEGA-SÁNCHEZ, Delfín. Global citizenship and analysis of social facts: Results of a study with pre-service teachers. **Social Science**, v. 9, n. 5, p. 65-84, 2020. <https://doi.org/10.3390/socsci9050065>

HAMMOND, Christopher D.; KEATING, Avril. Global citizens or global workers? Comparing university programmes for global citizenship education in Japan and the UK. **Journal of Comparative and International Education**, v. 48, n. 6, p. 915-934, 2018. <https://doi.org/10.1080/03057925.2017.1369393>

HAYWOOD, Benjamin K.; BESLEY, John C. Education, outreach, and inclusive engagement: Towards integrated indicators of successful program outcomes in participatory science. **Public Understanding of Science**, v. 23, n. 1, p. 92-106, 2014. <https://doi.org/10.1177/0963662513494560>

HODSON, Derek. **Becoming part of the solution: learning about activism, learning through activism, learning from activism, cultural studies of science education**. Dordrecht: Springer, 2014.

INFORME ANUAL SITUACIÓN DE LOS DERECHOS HUMANOS (INDH). **Informe Sobre Proyecto de Ley que crea el Plan de Formación Ciudadana para los Establecimientos Educativos Reconocidos por el Estado**, Boletín N10043-04, 2015.

IRWIN, Alan. **Citizen science a study of people, expertise and sustainable development**. Hove: Psychology Press, 1995.

KANG, Woonsun. Perceived barriers to implementing education for sustainable development among Korean teachers. **Sustainability**, v. 11, n. 9, p. 1-15, 2019. <https://doi.org/10.3390/su11092532>

KOUSA, Päivi; AKSELA, Maija; FERK SAVEC, Vesna. Pre-Service Teachers' Beliefs about the Benefits and Challenges of STSE Based School-Industry Collaboration and Practices in Science Education. **Journal of Baltic Science Education**, Finlandia, v. 17, n. 6, p. 1034-1045, 2018. <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.1034>

KUMAR, Deepan; CHUBIN, Daryl. Science, technology, and society: A sourcebook on research and practice. **Springer Science & Business Media**, v. 6, 2000. <https://doi.org/10.1007/978-94-011-3992-2>

LEVINSON, Ralph. Towards a theoretical framework for teaching controversial socio-scientific issues. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 10, p. 1201-1222, 2006. <https://doi.org/10.1080/09500690600560753>

MAGENDZO, Abraham; PAVEZ, Jorge. Análisis de la educación ciudadana en las bases curriculares de 3° y 4° medio. **Revista Enfoques Educativos**, v. 17, n. 2, p. 15-28, 2021. <https://doi.org/10.5354/2735-7279.2020.60636>

MANASIA, Loredana; IANOS, Maria Gratiela; CHICIOREANU, Teodora Daniela. Pre-service teacher preparedness for fostering education for sustainable development: An empirical analysis of central dimensions of teaching readiness. **Sustainability**, v. 12, n. 1, p. 166-179, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12010166>

MERINO RUBILAR, Cristian Gonzalo; MARZÀBAL, Ainoa; MILLER, Brant G.; CARRASCO ROMERO, Ximena. Science teacher education in Chile: on the verge of a turning point toward STEM-oriented science education. In: AL-BALUSHI, Sulaiman M.; MARTIN-HANSEN, Lisa; SONG, Youngjin. **Reforming Science Teacher Education Programs in the STEM Era: International and Comparative Perspectives**. Cham: Springer International Publishing, 2023. p. 71-87.

MESCI, Günküt; ÇAVUS-GÜNGÖREN, Seda; YESILDAG-HASANCEBI, Funda. Investigating the development of pre-service science teachers' NOSI views and related teaching practices. **International Journal of Science Education**, v. 42, n. 1, p. 50-69, 2020. ISSN: 0950-0693

MINISTERIO DE EDUCACIÓN (MINEDUC). **Bases Curriculares 3° y 4° Medio**. Santiago de Chile: MINEDUC, 2019.

MUKAGIHANA, Josiane; NSANGANWIMANA, Florian; AURAH, Catherine M. Effect of instructional methods on pre-service science teachers learning outcomes: a meta-analysis. **Education and Information Technologies**, v. 27, p. 2137-2163, 2022. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10696-9>

NIDA, Safwatun; PRATIWI, Novida; EILKS, Ingo. A case study on the use of contexts and socio-scientific issues-based science education by pre-service junior high school science teachers in Indonesia

during their final year teaching internship. **Frontiers in Education**, v. 5, p. 292-300, 2021. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.592870>

OLIVA, José María. Dificultades para la implicación del profesorado de educación secundaria en la lectura, innovación e investigación en didáctica de las ciencias (I): el problema de la inmersión. **Revista Eureka sobre Educación y Divulgación de las Ciencias**, v. 8, n. 1, p. 41-53, 2011. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i1.04

OLIVEIRA, Roberto Dalmo Varallo Lima de; QUEIROZ, Glória Regina Pessôa Campello. La formación de profesores de Ciencias en la perspectiva de la Educación en Derechos Humanos: por los caminos de una razón cordial. **Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado**, v. 19, n. 2, p. 1-13, 2016. <https://doi.org/10.6018/reifop.19.2.253831>

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU). **Transforming our world: The agenda 2023 for sustainable development**. New York: ONU, 2015.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA (UNESCO). **La formación inicial docente en educación para la ciudadanía en América Latina**. Análisis comparado de seis casos nacionales. Estrategia regional sobre docentes. Santiago: OREALC-UNESCO, 2017.

PAGE, Matthew J.; MCKENZIE, Joanne E.; BOSSUYT, Patrick M.; BOUTRON, Isabelle; HOFFMANN, Tammy C.; MULROW, Cynthia D.; SHAMSEER, Larissa; TETZLAFF, Jennifer M.; AKL, Elie A.; BRENNAN, Sue E.; CHOU, Roger; GLANVILLE, Julie; GRIMSHAW, Jeremy M.; HRÓBJARTSSON, Asbjørn; LATU, Manoj M.; LI, Tianjing; LODER, Elizabeth W.; MAYO-WILSON, Evan; McDONALD, Steve; MCGUINNESS, Luke A.; STEWART, Lesley A.; THOMAS, James; TRICCO, Andrea C.; WELCH, Vivian A.; WHITING, Penny; MOHER, David. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **International Journal of Surgery**, v. 88, p. 105906, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijssu.2021>

PERRENOUD, Philippe. **Cuando la escuela pretende preparar para la vida**. ¿Desarrollar competencias o enseñar otros saberes? Barcelona: Graó, 2012.

POLLAK, Itay; SEGAL, Aliza; LEFSTEIN, Adam; MESHULAM, Assaf. Teaching controversial issues in a fragile democracy: defusing deliberation in Israeli primary classrooms. **Curriculum Studies**, v. 50, n. 1, p. 1-23, 2017. <https://doi.org/10.1080/00220272.2017.1397757>

RAMOS, Francisco Javier. Educación y ciudadanía: la necesidad de generar espacios para la discrepancia y el diálogo. **Foro de Educación**, v. 14, n. 20, p. 13-19, 2016. <https://doi.org/10.14516/fde.2016.014.020.002>

RIESCH, Hauke; POTTER, Clive. Citizen science as seen by scientists: Methodological, epistemological and ethical dimensions. **Public Understanding of Science**, v. 23, n. 1, p. 107-120, 2014. <https://doi.org/10.1177/0963662513497324>

SADLER, Troy D. Situated learning in science education: socio-scientific issues as contexts for practice. **Studies in Science Education**, v. 45, n. 1, p. 1-42, 2009. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>

SALINAS, Ivan; GUERRERO, Gonzalo; SATLOV, Miriam; HIDALGO, Paola. Climate Change in Chile's School Science Curriculum. **Sustainability**, v. 14, n. 22, p. 15212, 2022. <https://doi.org/10.3390/su142215212>

SHULLA, Kalterina; LEAL FILHO, Walter; SOMMER, Jan Henning; SALVIA, Amanda Lange; BORGEMEISTER, Christian. Channels of collaboration for citizen science and the sustainable development goals. **Journal of Cleaner Production**, v. 264, p. 1-13, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121735>

SILVERTOWN, Jonathan. A new dawn for citizen science. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 24, n. 9, p. 467-471, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.03.017>

SJÖSTRÖM, Jesper; EILKS, Ingo. **Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of bildung, cognition, metacognition, and culture in STEM education**. Cham: Springer, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4

TORRES VALDERRAMA, Sebastián; APARICIO MOLINA, Carolina. Formación Ciudadana en carreras de Pedagogía: Estudio de caso en una institución de educación superior del sur de Chile. **Sophia Austral**, v. 28, 2022. <https://doi.org/10.22352/SAUSTRAL20222816>

TULLOCH, Ayesha I.T.; POSSINGHAM, Hugh P.; JOSEPH, Liana N.; SZABO, Judit; MARTIN, Tara G. Realising the full potential of citizen science monitoring programs. **Biological Conservation**, v. 165, p. 128-138, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2013.05.025>

URIBE RIVERA, Malva Elisa; ORTIZ CÁCERES, Iván. Programas de estudio y textos escolares para la enseñanza secundaria en Chile: ¿qué oportunidades de alfabetización científica ofrecen? **Enseñanza de las Ciencias**, v. 32, n. 3, p. 37-52, 2014. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.968>

VALLADARES, Liliana. Scientific Literacy and Social Transformation Critical Perspectives About Science Participation and Emancipation. **Science & Education**, v. 30, p. 557-587, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11191-021-00205-2>

WINTER, Veronika; KRANZ, Johanna; MÖLLER, Andrea. Climate change education challenges from two different perspectives of change agents: perceptions of school students and pre-service teachers. **Sustainability**, v. 14, n. 10, p. 1-29, 2022. <https://doi.org/10.3390/su14106081>

YIP, Wing Yan Valerie. Developing Undergraduate Student Teachers' Competence in Integrative STEM Teaching. **Frontiers in Education**, v. 5, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.3389/feduc.2020.00044>

ZAWACKI-RICHTER, Olaf; KERRES, Michael; BEDENLIER, Svenja; BOND, Melissa; BUNTINS, Katja. **Systematic reviews in educational research: Methodology, perspectives and application**. Wiesbaden: Springer, 2019.

ZEIDLER, Dana L.; NICHOLS, Bryan H. Socioscientific issues: Theory and practice. **Journal of Elementary Science Education**, v. 21, n. 2, p. 49-58, 2009. <https://doi.org/10.1007/BF03173684>

Cómo citar este artículo: HERRERA SAN MARTIN, Edith del Carmen. Ciencias para la ciudadanía y formación inicial de profesores de ciencias: aportes desde la revisión sistemática a un modelo de formación. *Revista Brasileira de Educação*, v. 30, e300003, 2025. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782025300003>

Conflictos de interés: La autora declara que no existe interés comercial o asociativo que represente conflicto de interés en relación al manuscrito.

Financiamiento: Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (proyecto FONDECYT INICIACIÓN 11220596).

SOBRE LA AUTORA

EDITH DEL CARMEN HERRERA SAN MARTIN es doctora en Educación en Didáctica de las Ciencias Experimentales por la Universidad Autónoma de Barcelona (España). Académica del departamento de Ciencias de la Educación de la Universidad del Bío Bío (Chile).

Recibido el 12 de abril de 2023

Revisado el 29 de noviembre de 2023

Aprobado el 14 de diciembre de 2023

