

Alfabetización científica: Aportes del Programa ICEC para la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía

María Cecilia Ramos Araya

Programa ICEC – Universidad de La Serena.
mcramos@userena.cl

Brayan Omar Castillo Castillo

Programa ICEC – Universidad de La Serena.
brayan.castillo@userena.cl

Resumen

La reciente incorporación en el currículum escolar de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía, se relaciona con la necesidad de avanzar hacia una alfabetización científica que fomente la participación de las y los ciudadanos en las decisiones que deban tomar en su vida personal o en su participación social. La presente comunicación, aborda en una primera parte la importancia de la educación en ciencias, y el potencial de la alfabetización científica para impulsar la forma en que las y los ciudadanos interactúan entre sí y con su entorno. A partir de ello, se presentan ideas sobre cómo la alfabetización científica se relaciona con el concepto de Ciencias para la Ciudadanía, y cómo esta nueva asignatura presenta una gran oportunidad para abordar los retos de la ciudadanía del siglo XXI. Tomando como referencia estas ideas iniciales, la segunda parte de la comunicación presenta los objetivos y enfoques de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, y la vinculación del Programa ICEC para el desarrollo de competencias docentes que permitan implementar esta nueva asignatura. Para ello, se realiza una descripción de la vinculación del Programa ICEC con la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía desde dos miradas: a) la vinculación de los enfoques de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía y los contenidos de los cursos ICEC, y b) la vinculación entre las orientaciones didácticas de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía y el perfil de egreso de los docentes que cursan los cursos ICEC.

Palabras clave: alfabetización científica, ciencia para la ciudadanía, educación científica, indagación científica, problemáticas sociocientíficas.

Introducción

A principios del presente siglo, se suscitó la importancia de reflexionar sobre las necesidades educativas de la ciudadanía, debido a los cambios sociales y los avances tecnológicos que se evidenciaron a finales del siglo XX. Surge así, la discusión sobre la incapacidad de las estructuras y los enfoques de las pedagogías educativas predecesoras al siglo XXI, frente a los retos sociales, económicos, tecnológicos y medioambientales cada vez más complejos (O'Brien, 2016). Si bien, el debate ha avanzado, los cambios constantes de las sociedades hacen cada vez más evidente la necesidad de abordar las dificultades educativas que aún persisten en los primeros 20 años del siglo XXI.

Monereo y Pozo (2001), expusieron que los modelos educativos tradicionales o reproductivos no favorecían el desarrollo necesario para los ciudadanos del futuro, lo cual se representa en la idea de “escuelas que enseñan contenidos del siglo XIX con profesores del siglo XX a alumnos del siglo XXI” (p.50). Aunque se ha avanzado en propuestas educativas

que den respuesta a las necesidades educativas de la ciudadanía actual, se hace evidente la lentitud con la cual llegan estos cambios a las aulas.

En este escenario, la enseñanza de las ciencias adquiere un rol preponderante en la adquisición de competencias ciudadanas, debido a que se espera que las y los estudiantes se conviertan en ciudadanos que puedan tomar decisiones en el ámbito personal y social en temas relacionados con la ciencia, y que puedan enfrentar problemas que se presenten en el futuro (Özden, 2020). Para ello, es crucial ayudar a la ciudadanía a avanzar a una comprensión adecuada de la ciencia.

Actualmente, uno de los objetivos comunes de los sistemas educativos en el mundo es lograr la alfabetización científica del estudiantado (García-Carmona y Acevedo-Díaz, 2018). Los programas de ciencia escolar adquieren un rol protagónico en el desafío de formar una ciudadanía alfabetizada científicamente, lo que debiese permitir a las y los estudiantes enfrentarse a problemas relevantes que requieren la aplicación de los conocimientos científicos adquiridos a lo largo de su escolaridad (Glaze, 2018). Es a partir de ello, que la educación tiene la labor de facilitar la participación ciudadana en las problemáticas relacionadas con la ciencia y la tecnología, conectando el conocimiento científico con el contexto social y la vida, con la finalidad de que las y los estudiantes perciban ese conocimiento como relevante (COSCE, 2011).

En Chile, durante el año 2019 se publicaron las nuevas bases curriculares para los cursos de 3° y 4° medio, en las cuales se señalan las nuevas asignaturas para estos niveles, las que entraron en ejecución durante el año 2020. En estos niveles, de acuerdo con las nuevas bases curriculares, se ha incorporado una asignatura llamada Ciencias para la Ciudadanía, la que contribuye a abordar los desafíos de canalizar el interés por la ciencia y lograr una alfabetización científica del estudiantado. Parece adecuado entonces, rescatar las ideas de González, Martínez, Martínez, Cuevas y Muñoz (2009) quienes han propuesto que la enseñanza a través de la indagación científica podría servir como un enfoque pedagógico que contribuya a la alfabetización científica de la ciudadanía.

El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias (ICEC), contribuye con sus tres cursos (especialización, profundización y rural multigrado) a desarrollar competencias profesionales de las y los docentes para afrontar la implementación de la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, reconociendo la idea de González et al. (2009) sobre el papel preponderante que tiene el profesorado para implementar de manera efectiva una alfabetización científica en las aulas.

Este trabajo aborda la interrogante de cuán alineados están los objetivos de Ciencias para la Ciudadanía con el discurso de la alfabetización científica y, junto con ello, cómo el programa ICEC es pertinente para apoyar el trabajo docente que implicará esta nueva asignatura.

Desarrollo

Enseñanza de las ciencias para la alfabetización científica

La finalidad de la enseñanza o educación en ciencias, ha ido cambiando a lo largo del tiempo, lo cual se ve reflejado en que la educación se ha extendido a diferentes niveles de la población, cambiando desde una orientación de formar futuros científicos, hacia lo que se

promueve hoy, que es educar en temáticas científicas a la población con la finalidad de que toda la sociedad sea consciente de los diferentes problemas del mundo y de cómo pueden actuar en ellos (Martín, 2002).

Acevedo (2017), señala que las finalidades de la enseñanza de las ciencias están relacionadas con su carácter útil y práctico, relacionada con formar ciudadanos/as, desarrollar capacidades para el mundo laboral y para poder continuar estudios científicos (ver tabla 1).

Tabla 1. Finalidad de la enseñanza de las ciencias (Fuente: elaboración propia, a partir de Acevedo, 2017).

Finalidad	Descripción
Carácter útil y eminentemente práctico	Conocimientos de ciencia que pueden hacer falta para la vida cotidiana.
Democrática	Conocimientos y capacidades necesarios para participar como ciudadanos/as responsables en la toma de decisiones sobre asuntos públicos y polémicos que están relacionados con la ciencia y la tecnología.
Desarrollar capacidades apreciadas en el mundo laboral	Trabajo en equipo, iniciativa, creatividad, habilidades para comunicarse, etc.
Propedéutica	Conocimientos para proseguir estudios científicos.

Una de las finalidades de la educación en ciencias es formar ciudadanos/as que tengan todos los conocimientos para poder comprender y desenvolverse en la sociedad, siendo capaces de poder buscar, seleccionar y criticar la información que de ella se obtiene para poder así transformar la sociedad y contribuir a su progreso (Martín, 2002). A partir de lo descrito, Martín (2002) también indica que, para desarrollar estas competencias, se pueden implementar actividades de aula que sean cercanas a su contexto y a la vida diaria.

Lo anterior, se relaciona directamente con lo que se señala en la “Declaración sobre la ciencia y la utilización del conocimiento científico” de 1999, o mejor conocida como Declaración de Budapest:

(...) es necesario desarrollar una alfabetización científica de base, en todas las culturas y en todos los sectores de la sociedad, y una capacidad para el razonamiento y para las competencias prácticas, así como una sensibilidad hacia los valores éticos, para que los pueblos participen mejor en la toma de decisiones concernientes a la aplicación de los nuevos conocimientos (...)

Declaración sobre la ciencia y la utilización del conocimiento científico. 1999, apartado 34.

Se presenta entonces la educación en ciencias, como elemento sustancial para avanzar en una alfabetización científica para todos los integrantes de la sociedad, independiente de su cultura o sector de la sociedad a la cual pertenezca. Se espera desarrollar en las personas la capacidad de pensar y razonar para tomar mejores decisiones en relación con la aplicación de nuevos conocimientos, es decir, contribuir a formar ciudadanos/as que tengan una opinión fundamentada y que sean capaces de tomar decisiones informadas tanto en su vida personal, como en su participación social. Dado esto, concordamos con la siguiente idea sobre el objetivo de educar en ciencias:

Formar ciudadanos científicamente cultos no significa hoy dotarles sólo de un lenguaje, el científico –en sí ya bastante complejo– sino enseñarles a desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes sociopolíticos.

(Marco, 1999 en Martín 2002, p. 58).

Como se indica en el trabajo de Sadler y Zeidler (2009), durante los últimos 50 años la alfabetización científica ha sido reconocida internacionalmente como una de las finalidades de la educación. Este término establece una analogía metafórica entre la alfabetización básica iniciada a finales del siglo XIX, y el actual movimiento de extender la ciencia y la tecnología para todos y todas (Fourez, 2005). Es de esta manera, cuando hablamos de alfabetización científica como una ciencia para toda la población, esto sitúa a la educación en ciencias como parte de la educación general, y, por lo tanto, de la cultura (Vilches, Solbes, y Gil, 2004).

Es interesante ver cómo este desafío global de avanzar hacia una alfabetización científica no ha logrado establecer consensos frente a las concepciones epistemológicas y sociológicas entre los diversos autores que han abordado la temática (Gil y Vilches, 2006), lo cual genera diferentes interpretaciones y definiciones de la alfabetización científica.

La amplitud de ideas que existen en la literatura sobre el concepto responde a que ellas se han generado progresivamente a partir de una evolución histórica del conocimiento, no obstante, todas las ideas consideran siempre el mismo objetivo: lo que se espera que las y los estudiantes sepan y puedan hacer como resultado de sus experiencias de aprendizaje de las ciencias después de su proceso de escolarización (Sadler y Zeidler, 2009).

Norris y Phillips (2003), realizan una recopilación de definiciones de alfabetización científica, a partir de la cual generan una sistematización que les permite organizarlas en definiciones y concepciones relacionadas a los conocimientos y capacidades que esta pretende abordar. Además, Roberts (2007), luego de realizar una revisión de la literatura existente sobre la alfabetización científica, propone dos maneras diferentes de la conceptualización del término: una visión I, donde el concepto adquiere significado a partir de los procesos y productos de la ciencia; y una visión II, donde la ciencia se centra en situaciones en las cuales convergen los aspectos cotidianos y los científicos (ver figura 1).



Figura 1. Conceptualizaciones y definiciones de alfabetización científica (Elaboración propia a partir de Roberts, 2007; Norris y Philips, 2003; Sjöström y Eilks, 2018).

En términos generales podemos decir que existe una diferencia entre estas visiones I y II que se fundamenta en la idea contrapuesta de una “ciencia para preparar futuros científicos”, versus una ‘ciencia para todos’ (Aikenhead, 2007).

Recientemente Sjöström y Eilks (2018), proponen una visión III que avance hacia una educación en ciencias para la sostenibilidad. Esta visión III responde al objetivo de propiciar una educación en ciencias que aborde aprendizajes más allá del conocimiento de los contenidos, contextos y procesos de la ciencia, si no que aboga por avanzar hacia el desarrollo de habilidades generales a partir de problemáticas relevantes para un desarrollo sostenible de

nuestra sociedad y el mundo global (ver figura 1). Es esta visión III la que creemos relevante de incorporar para una adecuada alfabetización científica en las aulas de ciencias.

La finalidad de enseñar ciencias para alfabetizar científicamente y educar para la ciudadanía forma parte de los desafíos de formar personas críticas, responsables y comprometidas con el mundo y con los diferentes problemas que en él ocurren (Sequeiros, 2015), lo cual es primordial para el desarrollo de la sociedad y las personas (Gil y Vilches, 2006).

Alfabetización científica: tendiendo puentes hacia las ciencias para la ciudadanía

La alfabetización científica, garantiza la incorporación de la ciencia y la tecnología en los procesos educativos de las personas, para favorecer el desarrollo de ciudadanos/as conscientes y capacitados para resolver los desafíos globales que enfrenta la humanidad en la actualidad (Roth y Dêsautels, 2004).

Frecuentemente, el concepto de ciencias para la ciudadanía se conceptualiza y se define en el marco de la alfabetización científica (Lee y Roth, 2003). Esto debido a que se espera que los conocimientos, habilidades y actitudes de las personas científicamente alfabetizadas, contribuyan a la responsabilidad ciudadana (Jenkins, 1992). Para reforzar esta idea, cuando se trabaja en asignaturas de Ciencias para la Ciudadanía, es relevante enfatizar el concepto de alfabetización científica (Barbosa, Jófili, y Watts, 2004), haciendo hincapié en que el nivel de comprensión de este concepto hace referencia al nivel mínimo de alfabetización científica requerida para cualquier ciudadano, en lugar de un nivel ideal (Ozden, 2020).

Se reconoce que la adquisición por parte de las y los ciudadanos de habilidades científicas, podrían conllevar al desarrollo de habilidades ciudadanas, como la capacidad de influir en los planteamientos con el que las personas abordan los problemas, y las habilidades necesarias para tomar decisiones informadas sobre problemáticas sociales (Barelli, Branchetti, Tasquier, Albertazzi y Levrini, 2018).

El trabajo de Blanco (2004), expone que la comprensión pública de la ciencia reviste una necesidad social, cultural y utilitaria. Esto involucra que las y los ciudadanos deben contar con cierta comprensión sobre las redes políticas, económicas, sociales, medioambientales y culturales que involucran el desarrollo de la ciencia y la tecnología, a fin de comprender, influenciar y, en casos ideales, proponer soluciones a los problemas cotidianos (Olmedo, 2011).

A partir de lo descrito, se observa una clara vinculación entre los desafíos que enfrenta el trabajo de las ciencias para la ciudadanía con la alfabetización científica, principalmente sobre la consideración de que vivimos en un mundo cada vez más globalizado, el cual debe tener en cuenta la relevancia de incorporar en los procesos formativos de las personas la capacidad y el compromiso de realizar acciones apropiadas, responsables y eficaces en asuntos de interés social, económico, ambiental y ético-moral, fuertemente dependientes de la ciencia y de la tecnología (España-Ramos y Resis, 2017). Todo ello, permitirá capacitar a las y los estudiantes como críticos y creadores de conocimiento, en lugar de colocarlos en el papel de consumidores de conocimiento como se suele hacer en una pedagogía tradicional de trabajo de ciencia escolar (Bencze y Sperling, 2012).

Resulta interesante un estudio realizado por Blanco-López, España-Ramos, González-García y Franco-Mariscal (2015), quienes abordan la importancia de determinados aspectos de la formación científica deseable para la ciudadanía. Los autores consultaron a un grupo de

expertos sobre qué conocimientos, habilidades, actitudes o valores del ámbito científico-tecnológico debiesen formar parte del bagaje de cualquier ciudadano/a para que pueda desenvolverse adecuadamente en los diferentes contextos en los que se desarrolla su vida. El resultado del estudio fue el hallazgo de cinco aspectos en los cuales todos los consultados coincidían como relevantes: actitud/espíritu crítico; responsabilidad individual; capacidad para buscar, analizar, sintetizar y comunicar la información; capacidad de razonamiento, análisis, interpretación y argumentación en torno a fenómenos y a conocimientos científicos; y capacidad de trabajo en equipo (España-Ramos y Resis, 2017).

Hoy en día, somos testigos cómo frente a la situación de emergencia sanitaria producto de la pandemia de COVID-19, la principal actividad de las y los seres humanos ha tenido relación con la adquisición, análisis y comunicación de información. Esta situación ha supuesto un problema para la ciudadanía, ya que debe hacer frente a una gran cantidad de información de diversa calidad, lo que hace necesario poseer la capacidad de aplicarla a las diferentes situaciones y contextos en virtud de los valores e intenciones de los proyectos personales, profesionales o sociales (Pérez-Gómez, 2008).

Ciencias para la Ciudadanía: una nueva asignatura en el currículum escolar

La finalidad de educar en ciencias para formar ciudadanos/as se ha visto reforzada con los últimos cambios realizados en el currículum escolar de enseñanza media. Recientemente, se publicó el nuevo plan de estudios para 3° y 4° año medio, en los cuales se incorpora la asignatura obligatoria de Ciencias para la Ciudadanía de acuerdo con el Decreto Exento N° 0876 del 12 de septiembre de 2019.

Un cambio importante es que, en el Plan Común de Formación General, se incorporan seis asignaturas obligatorias: Lengua y Literatura, Matemática, Educación Ciudadana, Filosofía, Inglés y Ciencias para la Ciudadanía. De acuerdo con lo que señalan las nuevas Bases Curriculares para 3° y 4° medio, publicadas por el Ministerio de Educación durante el año 2019, el propósito de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía es:

“promover una comprensión integrada de fenómenos complejos y problemas que ocurren en nuestro quehacer cotidiano, para formar a un ciudadano alfabetizado científicamente, con capacidad de pensar de manera crítica, participar y tomar decisiones de manera informada basándose en el uso de evidencia”.

(MINEDUC, 2019^a, p. 42)

Por otra parte, en esta asignatura se promueve la integración o interacción de las asignaturas de Biología, Física y Química, las cuales ya no se tratarán o no se verán de manera independiente, sino que sus temáticas o contenidos, se fusionarán en esta nueva asignatura, además se relacionarán las ciencias con otros saberes. Esto permitirá que las y los estudiantes adquieran:

“la capacidad de aplicar el razonamiento, los conceptos y procedimientos de las ciencias para comprender experiencias y situaciones cercanas, y para proponer soluciones creativas y viables a problemas que puedan afectar a las personas, la sociedad y el ambiente, en contextos locales y globales”.

(MINEDUC, 2019^a, p. 42)

La asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, al igual que todas aquellas de índole científico presentes en el currículo, presenta una serie de enfoques didácticos y conceptuales, los cuales han sido descritos en el plan de estudios de la asignatura. Estos enfoques descritos son:

naturaleza de la ciencia, grandes ideas de la ciencia, habilidades y actitudes científicas, aprendizaje basado en problemas y proyectos, y ciudadanía digital (ver figura 2).

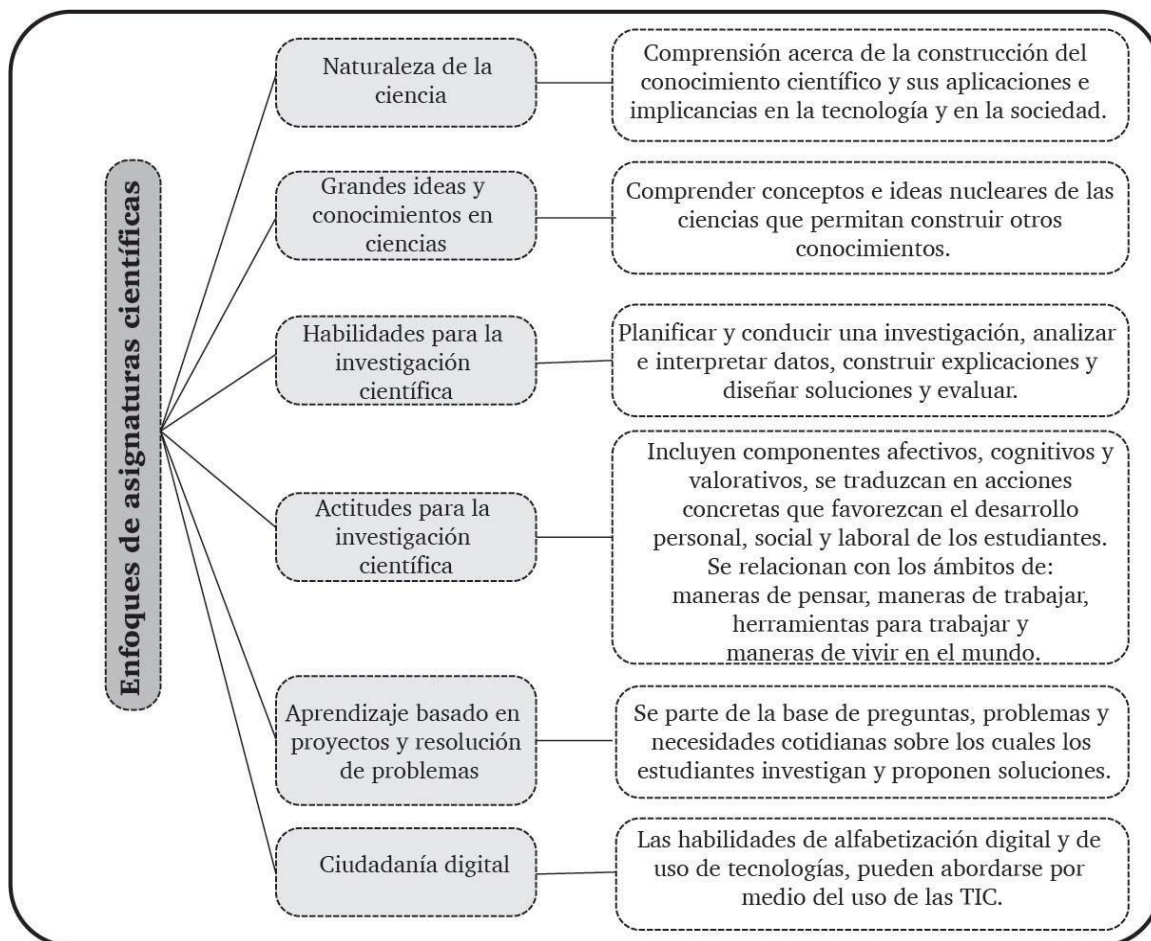


Figura 2. Enfoques didácticos y conceptuales de las asignaturas de índole científico (Fuente: Elaboración propia, MINEDUC, 2019a).

Estos elementos que forman parte de los enfoques de la educación en ciencias de todas las asignaturas del currículum escolar propenden fortalecer la alfabetización científica y entrelazar el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias junto con las actitudes propuestas desde el marco de Habilidades para el Siglo XXI. Considerar como enfoque la naturaleza de la ciencia, involucra reconocer las características del conocimiento científico que se relacionan directamente con la forma en que este se produce (Cofré, 2012). La consideración de las Grandes ideas de la Ciencia, como conceptos e ideas nucleares de las ciencias que permitan construir otros conocimientos (MINEDUC, 2019a), y la consideración la Ciudadanía Digital para desarrollar habilidades de alfabetización digital y de uso de tecnologías las cuales forman parte de las habilidades para el siglo XXI, también constituyen enfoques orientadores para el desarrollo de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía.

Las estrategias de enseñanza-aprendizaje también forman parte de los enfoques orientadores, como el Aprendizaje Basado en Problemas el cual aborda un problema real para buscar una solución. Se espera que esta estrategia disponga de un problema suficientemente complejo,

de manera que requiera de la cooperación de los participantes del grupo para abordarlo eficientemente (Morales y Landa, 2004, p. 145). Otra estrategia propuesta es, utilizar el aprendizaje basado en proyectos, donde la estrategia de enseñanza-aprendizaje se enfoca en aportar tareas basadas en la resolución de preguntas o problemas a través de la implicación del estudiantado en procesos de investigación de manera relativamente autónoma que culmina con un producto final presentado ante las y los demás (Sánchez, 2013).

La asignatura de Ciencias para la Ciudadanía está formada por cuatro módulos, los cuales tienen una duración de ejecución de un semestre, es decir, en un año académico se propone trabajar dos módulos. A continuación, en la tabla 2, se presentan los módulos con sus respectivos objetivos de aprendizajes.

Tabla 2. Módulos y objetivos de aprendizaje de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía (Fuente: MINEDUC, 2020, p. 43-44)

Módulo	Se espera que los estudiantes sean capaces de
Bienestar y Salud	<ol style="list-style-type: none"> 1. Analizar, sobre la base de la investigación, factores biológicos, ambientales y sociales que influyen en la salud humana (como la nutrición, el consumo de alimentos transgénicos, la actividad física, el estrés, el consumo de alcohol y drogas, y la exposición a rayos UV, plaguicidas, patógenos y elementos contaminantes, entre otros). 2. Investigar y comparar diversas medicinas (incluyendo la convencional, la tradicional de nuestros pueblos originarios y la complementaria alternativa), considerando su origen, conocimientos y prácticas para la resolución de problemas de salud cotidianos. 3. Analizar, a partir de evidencias, situaciones de transmisión de agentes infecciosos a nivel nacional y mundial (como virus de influenza, VIH-SIDA, hanta, hepatitis B, sarampión, entre otros), y evaluar críticamente posibles medidas de prevención como el uso de vacunas.
Seguridad, Prevención y Autocuidado	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigar sustancias químicas de uso cotidiano en el hogar y el trabajo (medicamentos, detergentes y plaguicidas, entre otros), analizando su composición, reactividad, riesgos potenciales y medidas de seguridad asociadas (manipulación, almacenaje y eliminación). 2. Diseñar, evaluar y mejorar soluciones que permitan reducir las amenazas existentes en el hogar y en el mundo del trabajo (en sistemas eléctricos y de calefacción, y exposición a radiaciones, entre otros) para disminuir posibles riesgos en el bienestar de las personas y el cuidado del ambiente. 3. Analizar, a partir de modelos, riesgos de origen natural o provocados por la acción humana en su contexto local (como aludes, incendios, sismos de alta magnitud, erupciones volcánicas, tsunamis e inundaciones, entre otros) y evaluar las capacidades

	existentes en la escuela y la comunidad para la prevención, la mitigación y la adaptación frente a sus consecuencias.
Ambiente y Sostenibilidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Investigar el ciclo de vida de productos de uso cotidiano y proponer, basados en evidencia, estrategias de consumo sostenible para prevenir y mitigar impactos ambientales. 2. Diseñar proyectos locales, basados en evidencia científica, para la protección y utilización sostenible de recursos naturales de Chile, considerando eficiencia energética, reducción de emisiones, tratamiento de recursos hídricos, conservación de ecosistemas o gestión de residuos, entre otros. 3. Modelar los efectos del cambio climático en diversos ecosistemas y sus componentes biológicos, físicos y químicos, y evaluar posibles soluciones para su mitigación.
Tecnología y Sociedad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseñar proyectos tecnológicos que permitan resolver problemas personales y/o locales de diversos ámbitos de la vida (como vivienda y transporte, entre otros). 2. Explicar, basados en investigaciones y modelos, cómo los avances tecnológicos (en robótica, telecomunicaciones, astronomía, física cuántica, entre otros) han permitido al ser humano ampliar sus capacidades sensoriales y su comprensión de fenómenos relacionados con la materia, los seres vivos y el entorno. 3. Evaluar alcances y limitaciones de la tecnología y sus aplicaciones, argumentando riesgos y beneficios desde una perspectiva de salud, ética, social, económica y ambiental.

El trabajo propuesto para esta asignatura presenta una gran oportunidad para abordar los retos que las y los ciudadanos del siglo XXI deben enfrentar en sus actividades cotidianas. Muchas decisiones que deben tomar las personas hoy en día en su vida personal o en su interacción social, dependen fundamentalmente de la adquisición, uso, análisis crítico, creación y comunicación de la información que aporta la ciencia y la tecnología.

Programa ICEC: aportes a la implementación de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía

El Programa ICEC, es una iniciativa de carácter nacional que aporta al mejoramiento de la calidad de la educación en ciencias. Con ello, el Programa implementa cursos de formación docente, los cuales abordan elementos esenciales de la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Naturales considerando la indagación científica como enfoque de enseñanza en un contexto de formación reflexiva, colaborativa y orientada a la autonomía docente.

Este Programa, que contribuye a la formación continua de las y los docentes que trabajan en el aula de ciencias, se torna fundamental ante los importantes cambios en el currículum de ciencia escolar. Ferran-Biera (2015) indica que reformar los planes de estudios de ciencias para enfrentar los desafíos de la sociedad contemporánea, enfrenta una serie de obstáculos que deben ser abordados y conocidos, dentro de los cuales se encuentran las habilidades del cuerpo docente de ciencias para enfrentar los cambios. Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen,

Walberg-Henriksson, y Hemmo (2007), indicaron la importancia de considerar que las y los docentes deben ser los actores clave en los procesos de reforma, pero para ello necesitan apoyo que complemente la formación profesional, lo cual estimule su confianza y motivación.

El informe “Evolución del interés de los estudiantes por la ciencia y la tecnología” (OECD, 2006), también entrega recomendaciones para afrontar la creciente desvinculación que tienen algunos jóvenes por la ciencia y la tecnología. Este informe, reconoce que a las y los profesores muchas veces se les pide enseñar materias de las cuales carecen de suficiente confianza y conocimiento, por lo cual recomiendan centrarse en la formación del profesorado en ciencia.

En Chile, también hay evidencias en la literatura que nos permiten reflexionar sobre la importancia de implementar programas formativos para el profesorado de ciencias, como por ejemplo lo expuesto por Vergara (2006), quien concluye que profesores de biología que tienen poco dominio de la disciplina suelen realizar sus clases en formatos más tradicionales, remitiéndose a reproducir el contenido de un texto o documento y negando a las y los estudiantes cualquier posibilidad de indagación, frente al temor de hacer evidente su poco manejo.

La formación docente a partir de la pedagogía indagatoria de ICEC, aporta herramientas claves para la implementación de todas las asignaturas científicas presentes en el currículum escolar chileno, lo cual requiere que las y los profesores tengan la confianza y preparación necesaria para ayudar a sus estudiantes a considerar ideas alternativas que pueden ser más útiles que las suyas para explicar el mundo que los rodea. Esto estaría alineado con lo propuesto por Couso (2014), quien plantea que el aprendizaje de las ciencias en el aula debiese considerarse como una construcción de ideas sobre el mundo en torno a la visión de estudiantes, sobre sus ideas previas y de cómo hacerlas comprobables frente a sus experiencias. El Programa ICEC, se presenta como un valioso apoyo a las necesidades del profesorado para una adecuada implementación de los cambios y/o ajustes que se realizan al currículum, entregando el apoyo para desarrollar nuevas prácticas, nuevos cuerpos de conocimiento y nuevos métodos pedagógicos que contribuyan a su trabajo en el aula de ciencias.

A continuación, se presenta el aporte del Programa ICEC para la adecuada implementación de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía desde dos miradas. Por una parte, la vinculación de los enfoques de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía y los contenidos de los cursos ICEC, y por otra, la vinculación entre las orientaciones didácticas de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía y el perfil de egreso de los cursos ICEC.

Vinculación de los enfoques de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía y los contenidos de los cursos ICEC

Todos los cursos del Programa ICEC abordan de manera sustancial los contenidos necesarios para implementar la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, lo cual se evidencia al contrastar la vinculación entre los enfoques de esta asignatura (los cuales han sido adquiridos progresivamente a lo largo de los diferentes niveles educativos), y los contenidos de los cursos ICEC.

Como se puede apreciar en la figura 3, se observa una relación y un significativo aporte del Programa ICEC para apoyar una adecuada implementación de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. La propuesta de fundamentación teórica y pedagógica de los cursos ICEC, involucra elementos directamente vinculados a las orientaciones entregadas en las bases curriculares para la implementación de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, como por ejemplo: la promoción de la alfabetización científica; la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia escolar vinculada al espacio local; la consideración de la formación ciudadana; la identificación de problemas socio científicos y su uso en la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia; y el diseño y ejecución de proyectos que propongan soluciones a dichas problemáticas, entre otras.

Lo anteriormente descrito, se vincula con el trabajo propuesto en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, que requiere de docentes que sean capaces de conducir procesos de investigación escolar que aborden problemáticas sociocientíficas, que generen espacios donde las y los estudiantes puedan comparar, analizar, explicar, y evaluar alcances y limitaciones de la ciencia y la tecnología. Además, precisa que las y los profesores puedan guiar espacios de trabajo en el aula para que los estudiantes logren a partir de la evidencia científica, diseñar proyectos que busquen soluciones a los problemas de su entorno.

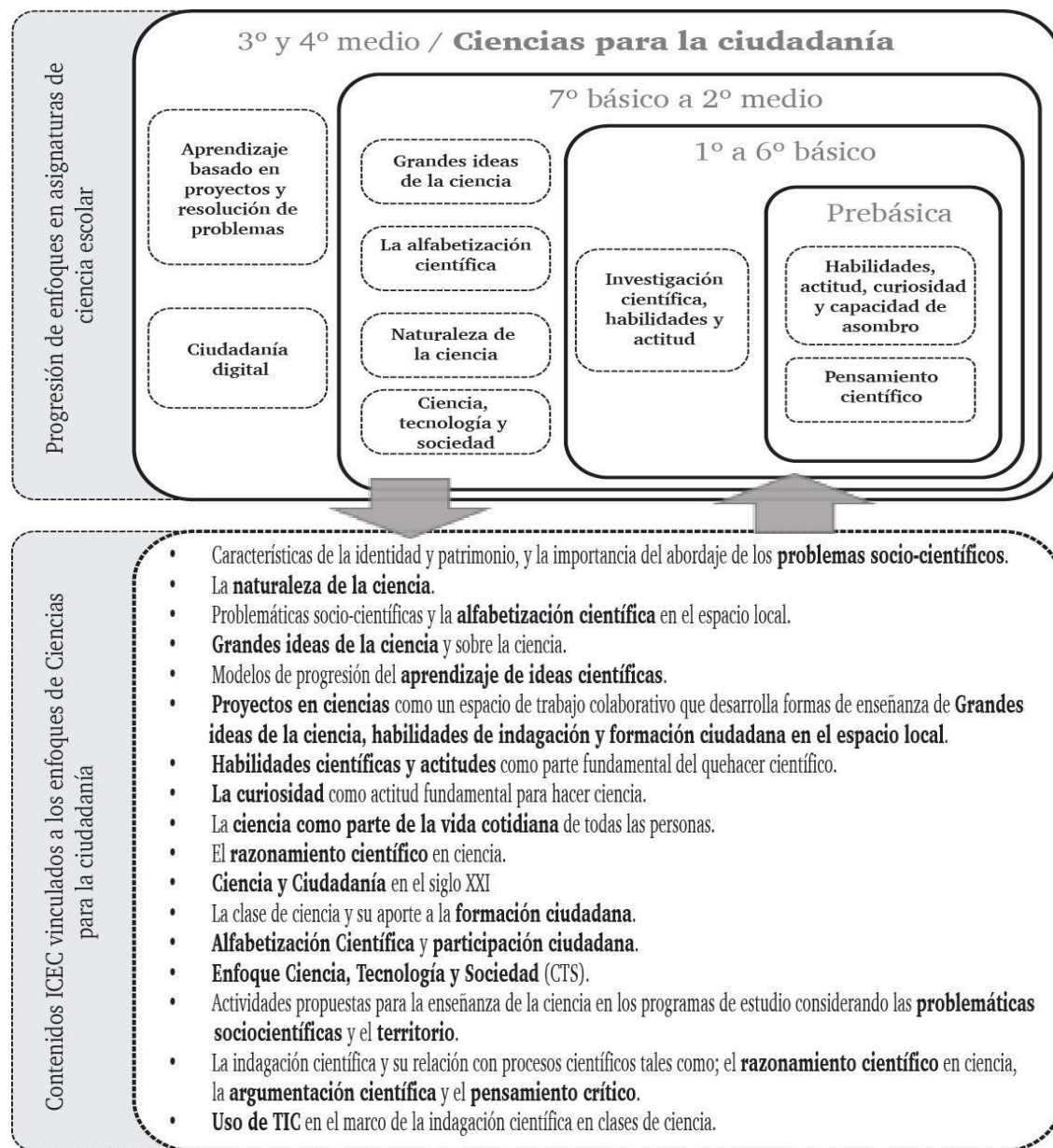


Figura 3. Vinculación entre enfoques de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía y algunos contenidos de cursos ICEC. (Fuente: Autores, elaborada a partir de Bases Curriculares, Educación Parvularia (2018), 1° a 6° básico (2012), 7° básico a 2° medio (2015) y 3° a 4° medio (2019)).

Vinculación entre las orientaciones didácticas de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía y el perfil de egreso de los cursos ICEC

Los programas de estudios entregan orientaciones didácticas para la enseñanza de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, las cuales son propuestas como elementos claves para el aprendizaje significativo de conocimientos y prácticas científicas (MINEDUC, 2020). A partir de esto, se revisaron los programas de estudios de las asignaturas de ciencias de los diferentes niveles escolares, específicamente la sección de “Orientaciones Didácticas” para la enseñanza de las ciencias. Al revisarlos, se identificó que, en el Plan Común de Formación

General, la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía se relaciona de manera directa con las competencias del perfil de egreso de las y los docentes que aprueben el curso ICEC. Las orientaciones didácticas, para esta asignatura son:

a) Curiosidad, motivación y sensibilización: Se busca promover la curiosidad y el interés por las ciencias, lo cual se puede realizar mediante el uso de problemáticas contingentes.

b) Investigación e indagación en ciencias: Se pretende que las y los estudiantes realicen actividades en las cuales, sean desafiados mediante preguntas de investigación o problemas científicos, a los cuales hay que brindarle una respuesta o solución.

c) Grandes ideas: Las grandes ideas, son temáticas en las cuales se organiza el conocimiento científico y permiten el estudio de fenómenos naturales.

d) Ciencia y tecnología en la sociedad y el ambiente: Es importantes que las y los estudiantes evidencien cómo los conocimientos científicos aportan al desarrollo tecnológico e innovaciones, lo cual se relaciona con la sociedad, el ambiente y desarrollo científico.

e) Territorialidad y sostenibilidad: Se debe promover en las y los estudiantes conciencia frente a los problemas ambientales, por lo que es necesario que puedan interiorizarse en el conocimiento natural y social de su territorio.

f) Estrategias de enseñanza y aprendizaje: Al momento de diseñar clases/actividades, hay que considerar estrategias mediante las cuales se genere interés y curiosidad por las temáticas científicas.

g) Orientaciones para la evaluación: Además de evaluar los conocimientos científicos adquiridos, hay que considerar las habilidades y actitudes, junto con la capacidad de los estudiantes para usar los aprendizajes adquiridos en problemas cotidianos.

h) Diversidad de instrumentos y contextos de evaluación: Es necesario considerar diferentes instrumentos de evaluación y el contexto en los cuales se van a aplicar, ya que de eso dependerán los datos obtenidos.

i) Orientaciones para la contextualización: Es necesario que los entornos de aprendizajes sean motivadores, y en los cuales se pueda aplicar lo visto en la asignatura.

(Fuente: MINEDUC, 2020)

Para implementar estas orientaciones didácticas, es imperativo contar con docentes capacitados para incorporar estas propuestas en el aula. Los cursos ICEC de especialización, rural multigrado y de profundización entregan las herramientas necesarias a sus docentes para que puedan implementar estas orientaciones didácticas en el aula, lo cual se pone de manifiesto al comparar las competencias del perfil de egreso de los cursos ICEC y las orientaciones didácticas entregadas en el programa de estudio de la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía.

Las competencias del perfil de egreso de los cursos ICEC de especialización y rural multigrado vinculados a las orientaciones didácticas del programa de Ciencias para la Ciudadanía son:

- Capacidad de las y los docentes para diseñar e implementar clases de ciencia indagatorias; diseñar e implementar clases en el marco del currículo vigente; diseñar e implementar clases que respondan a la diversidad en el aula; y diseñar y/o adaptar actividades y recursos sobre criterios pedagógicos fuertemente argumentados. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de investigación e indagación en ciencias, grandes ideas, estrategias de enseñanza y aprendizaje, y orientaciones para la contextualización.
- Capacidad de las y los docentes para evaluar el impacto de su quehacer pedagógico a través de diversas estrategias, lo cual se vincula con las orientaciones didácticas de investigación e indagación en ciencias, orientaciones para la evaluación, y diversidad de instrumentos y contextos de evaluación.
- Capacidad de las y los docentes para desarrollar una dinámica de trabajo reflexiva sobre su propia práctica orientada a la innovación; capacidad de participar y/o liderar espacios de reflexión docente colectiva que definan metas y planes orientadas al mejoramiento de los resultados de aprendizaje de sus estudiantes. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de grandes ideas, estrategias de enseñanza y aprendizaje, orientaciones para la evaluación, y diversidad de instrumentos y contextos de evaluación.
- Capacidad de las y los docentes para reconocer los principales desafíos y problemáticas sociocientíficas en su espacio territorial; proponer soluciones a problemáticas sociocientíficas de manera creativas y factibles de ser implementadas. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de curiosidad, motivación y sensibilización, investigación e indagación en ciencias, ciencia y tecnología en la sociedad y el ambiente, territorialidad y sostenibilidad, y orientaciones para la contextualización.

En el caso del perfil de egreso del curso de Profundización ICEC y su vinculación a las orientaciones didácticas del programa de Ciencias para la Ciudadanía estas son:

- Capacidad de las y los docentes para comprender el uso de la indagación científica como enfoque didáctico pedagógico para enseñar ciencia vinculada a los problemas sociocientíficos locales; articular y reorganizar la implementación del currículum en ciencias naturales orientada al logro de la alfabetización científica en el contexto de su espacio local. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de investigación e indagación en ciencias, grandes ideas, ciencia y tecnología en la sociedad y el ambiente, territorialidad y sostenibilidad, estrategias de enseñanza y aprendizaje, y orientaciones para la contextualización.
- Capacidad de las y los docentes para diseñar, implementar y evaluar secuencias de aprendizaje con enfoque indagatorio que respondan a la diversidad en el aula; reconocer y articular las grandes ideas de la ciencia que sustentan el currículo vigente. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de investigación e indagación en

ciencias, grandes ideas, estrategias de enseñanza y aprendizaje, orientaciones para la evaluación, diversidad de instrumentos y contextos de evaluación, y orientaciones para la contextualización.

- Capacidad de las y los docentes para utilizar el espacio local como un recurso pedagógico para aprender y enseñar ciencias; diseñar y elaborar proyectos educativos colaborativos que promueven el conocimiento del territorio a través de la identificación y resolución de problemas sociocientíficos que facilitan el uso de habilidades científicas y de formación ciudadana. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de curiosidad, motivación y sensibilización, investigación e indagación en ciencias, ciencia y tecnología en la sociedad y el ambiente, territorialidad y sostenibilidad, estrategias de enseñanza y aprendizaje, y orientaciones para la evaluación, diversidad de instrumentos y contextos de evaluación, y orientaciones para la contextualización.
- Capacidad de las y los docentes para organizar y participar activamente de una Comunidad de Aprendizaje que promueva la reflexión y problematización de la práctica pedagógica; trabajo colaborativo entre pares y la toma de decisiones pedagógicas basadas en evidencia y orientada a la innovación para fortalecer la calidad de la educación en ciencias en su comuna y región. Estas competencias, se vinculan con las orientaciones didácticas de grandes ideas, territorialidad y sostenibilidad, estrategias de enseñanza y aprendizaje, y orientaciones para la evaluación, y diversidad de instrumentos y contextos de evaluación.

Conclusión

Un objetivo principal que tiene la educación en ciencias es lograr que las y los ciudadanos logren una alfabetización científica. Se espera que niños, niñas y adolescentes adquieran herramientas que les permitan aplicar los conocimientos adquiridos durante su etapa escolar, para enfrentar y resolver diferentes problemas con aristas de índole científica.

Para lograrlo, el sistema educativo en Chile ha establecido diversos enfoques para abordar las temáticas de las asignaturas de ciencia, como la capacidad de asombro, el pensamiento científico, la investigación científica, las grandes ideas de las ciencias, la alfabetización científica, la naturaleza de la ciencia, ciencia tecnología y sociedad, el aprendizaje basado en problemas y proyectos, y la ciudadanía digital. Estos enfoques son abordados en cada nivel educativo desde prebásica hasta enseñanza media, avanzando progresivamente en niveles de complejidad, de tal manera de contribuir a la alfabetización científica de las y los estudiantes desde diferentes perspectivas y considerando sus intereses.

Cada uno de estos enfoques se abordan conjuntamente y en un último nivel de profundidad en la nueva asignatura de Ciencias para la Ciudadanía. Desde nuestro punto de vista y luego de analizar las Bases Curriculares y al programa de estudio de esta asignatura, podemos señalar que esta posee un marco conceptual y didáctico adecuado para consolidar la alfabetización científica que se desarrolla progresivamente durante toda la etapa escolar, ya que los diferentes módulos propuestos en el plan de estudio proporcionan oportunidades para aplicar los conocimientos científicos en situaciones relacionadas a problemáticas globales y locales de relevancia para la vida personal y social de las personas.

Para avanzar en una efectiva implementación de las nuevas propuestas del currículum, es indispensable considerar a las y los docentes y su preparación para enfrentar estos cambios. El Programa de Indagación Científica para la Educación en Ciencias (ICEC), busca desarrollar en los docentes competencias para que puedan abordar de manera efectiva las asignaturas de ciencias presentes en el currículum escolar. A partir de ello, el Programa ICEC es un aporte sustantivo a la formación permanente del profesorado, contribuyendo a la adquisición de nuevas y mejores herramientas para conducir los procesos de enseñanza – aprendizaje en el aula de ciencias.

Los enfoques y las orientaciones didácticas establecidas en las asignaturas de ciencia escolar, y específicamente en la asignatura de Ciencias para la Ciudadanía, se presentan en una estrecha sintonía y coherencia con los cursos que imparte ICEC, los cuales brindan a las y los docentes las herramientas conceptuales, didácticas y metodológicas, para que puedan formar ciudadanos alfabetizados científicamente, que posean conocimientos y enfoques científicos para desenvolverse de la mejor manera en la sociedad y en su contexto, ya sea, mediante la toma de decisiones o para entender lo que sucede a su alrededor.

Bibliografía

- Acevedo, J. (2017). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 1(1), 3-16. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2004.v1.i1.01
- Aikenhead, G. (2007). Expanding the research agenda for scientific literacy. In C. Linder et al. (eds.). *Promoting scientific literacy: Science education research in transaction*, 64. Uppsala: Geotryckeriet.
- Barbosa, R., Jófili, Z. y Watts, M. (2004). Cooperating in constructing knowledge: case studies from chemistry and citizenship. *International Journal of Science Education*, 26(8), 935-949. <https://doi.org/10.1080/0950069032000138842>
- Barelli, E., Branchetti, L., Tasquier, G., Albertazzi, L. y Levrini, O. (2018). Science of complex systems and citizenship skills: A pilot study with adult citizens. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(4), 1533-1545. <https://doi.org/10.29333/ejmste/84841>
- Bencze, L. y Sperling, E. (2012). Student- teachers as advocates for student-led research-informed socioscientific activism. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 12(1), 62-85. <https://doi.org/10.1080/14926156.2012.649054>
- Blanco, A. (2004). Relaciones entre la educación científica y la divulgación de la ciencia. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las ciencias*, 1(2), 70-86. Recuperado de <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/download/3959/3537/14320>.
- Blanco-López, A., España-Ramos, E., González-García, F., y Franco-Mariscal, A. (2015). Key Aspects of Scientific Competence for Citizenship: A Delphi Study of the Expert Community in Spain. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(2), 164–198. <https://doi.org/10.1002/tea.21188>
- Cofré, H. (2012). La enseñanza de la naturaleza de la ciencia en Chile: del currículo a la sala de clases. *Revista chilena de educación científica*, 11(1), 12-21. <https://nosyevolucion.files.wordpress.com/2020/01/cofre-nos-2012.pdf>
- COSCE. (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las Ciencias en la Didáctica Escolar para edades tempranas en España. Madrid: Rubes Editorial. http://www.cosce.org/pdf/Informe_ENCIENDE.pdf
- Declaración de Budapest (1999). Declaración sobre la Ciencia y el uso del saber científico. In *Conferencia Mundial sobre la Ciencia para el Siglo XXI: Un nuevo compromiso*. <http://www.unimetro.edu.co/wp-content/uploads/2018/05/DECLARACION%20DE%20BUDAPEST.rtf>
- España-Ramos, E., y Reis, P. (2017). El proyecto We Act como marco para formar ciudadanos competentes a través del activismo colectivo basado en la investigación. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, Extra, 657-661. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/334739/425542>
- Ferran-Biera, N. (2015). Canvis en l'organització i la metodologia educativa lligats a la integració de les TIC a l'aula: el cas de les escoles Pies de Catalunya. [Tesis doctoral. Universitat Oberta de Catalunya]. Recuperada de <http://hdl.handle.net/10609/43803>
- Fourez, G. (2005). *Alfabetización científica y tecnológica: acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Ediciones Colihue SRL. Recuperado de <https://tinyurl.com/y85w7fab>
- García-Carmona, A., y Acevedo-Díaz, J. (2018). The nature of scientific practice and science education. *Science & Education*, 27(5-6), 435-455. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11191-018-9984-9>
- Gil, D., y Vilches, A. (2006). Educación ciudadana y alfabetización científica: mitos y realidades. *Revista Iberoamericana de Educación*, 42(1), 31–53. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/800/80004203.pdf>
- Glaze, A. (2018). Teaching and learning science in the 21st century: Challenging critical assumptions in post-secondary science. *Education Sciences*, 8(1), 12. <https://doi.org/10.3390/educsci8010012>
- González, C., Martínez, M., Martínez, C., Cuevas, K y Muñoz, L. (2009). La educación científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. *Estudios Pedagógicos*, 35(1), 63-78. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052009000100004>
- Jenkins, E. (1992). School science education: Towards a reconstruction. *Journal of Curriculum Studies*, 24(3), 229-246. <https://doi.org/10.1080/0022027920240302>
- Lee, S. y Roth, W. (2003). Science and the “good citizen”: Community-based scientific literacy. *Science, Technology, & Human Values*, 28(3), 403-424. <https://doi.org/10.1177/0162243903028003003>

- Martín, M. (2002). Enseñanza de las ciencias ¿Para qué? *REEC: Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, 1(2), 1. Recuperado de http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen1/REEC_1_2_1.pdf
- Ministerio de Educación (2012). Bases Curriculares de Primero a Sexto Básico. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-22394_bases.pdf
- Ministerio de Educación (2015). Bases Curriculares 7° básico a 2° medio. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-37136_bases.pdf
- Ministerio de Educación (2018). Bases Curriculares de Educación Parvularia. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://parvularia.mineduc.cl/wp-content/uploads/sites/34/2018/03/Bases_Curriculares_Ed_Parvularia_2018.pdf
- Ministerio de Educación (2019a). Bases Curriculares 3° y 4° medio. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-91414_bases.pdf
- Ministerio de Educación (2019b). Plan de Estudios para 3° y 4° medio. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-134351_recurso_plan.pdf
- Ministerio de Educación (2020). Programa de Estudio de la asignatura Ciencias para la Ciudadanía 3° y 4° medio. Unidad de Curriculum y Evaluación. Santiago. Chile. Recuperado de https://www.curriculumnacional.cl/614/articles-140116_programa.pdf
- Monereo, C. y Pozo, J. (2001). ¿En qué siglo vive la escuela? El reto de la nueva cultura educativa. *Cuadernos de pedagogía*, 298, 50-55. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/285427977_En_que_siglo_vive_la_escuela
- Morales, P., y Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoría*, 13, 145-157. Recuperado de <http://148.202.167.116:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/574/Aprendizaje%20basado%20en%20problemas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Norris, S., y Phillips, L. (2003). How literacy in its fundamental sense is central to scientific literacy. *Science Education*, 87(2), 224–240. <https://doi.org/10.1002/sce.10066>
- O'Brien, C. (2016) Education for sustainable happiness and well-being. Nueva York, EE. UU: Routledge. Recuperado de <https://tinyurl.com/yat6wff2q>
- OECD, G. (2006). Evolution of student interest in science and technology studies: Policy report. *Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. Recuperado de <http://www.oecd.org/science/inno/36645825.pdf>
- Olmedo, J. (2011). Educación y Divulgación de la Ciencia: Tendiendo puentes hacia la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias*, 8(2), 137-148. https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2011.v8.i2.01
- Özden, M. (2020). Science Education for Citizenship: A Case Study. *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 10(1), 150-188. <https://doi.org/10.18039/ajesi.682020>
- Pérez-Gómez, A. (2008) ¿Competencias o pensamiento práctico? La construcción de los significados de representación y de acción. En Gimeno, J. (Comp.). *Educación por competencias, ¿qué hay de nuevo?*. 59-102. Madrid: Morata. Recuperado de <https://tinyurl.com/yb32mfdm>
- Roberts, D. (2007). Scientific Literacy/science literacy. En Abell, S. y Lederman, N. (Eds.), *Handbook of research on Science Education*. 729–780. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). Rocard report: Science education now: A new pedagogy for the future of Europe. *EU 22845, European Commission*.
- Roth, W., y Désautels, J. (2004). Educating for citizenship: Reappraising the role of science education. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 4(2), 149-168. <https://doi.org/10.1080/14926150409556603>
- Sadler, T., y Zeidler, D. (2009). Scientific literacy, PISA, and socioscientific discourse: Assessment for progressive aims of science education. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching*, 46(8), 909-921. <https://doi.org/10.1002/tea.20327>
- Sánchez, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el Aprendizaje Basado en Proyectos. *Actualidad pedagógica*. Recuperado de https://www.estuaria.es/wp-content/uploads/2016/04/estudios_aprendizaje_basado_en_proyectos1.pdf

- Sequeiros, L. (2015). Alfabetización científica y Educación para la ciudadanía: la ciencia, un arma cargada de futuro. *Micro espacios de investigación*, 1, 69-93. Recuperado de <https://microespaciosinvestigacion.files.wordpress.com/2016/02/sequeiros-1-2015-pub1.pdf>
- Sjöström, J., y Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. In *Cognition, metacognition, and culture in STEM education*. (pp. 65-88). Cham: Springer.
- Vergara, C. (2006). Concepciones sobre la enseñanza y el aprendizaje en profesores de biología: Coherencia entre el discurso y la práctica de aula. Tesis doctoral para optar al grado de Doctor en Ciencias de la Educación de la Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Vilches, A., Solbes, J. y Gil, D. (2004). ¿Alfabetización científica para todos contra ciencia para futuros científicos? *Alambique*, 41, 89-98. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/39210163_Alfabetizacion_cientifica_para_todos_contra_ciencia_para_futuros_cientificos