




## Artículo de investigación científica y tecnológica

# La investigación basada en el diseño en contexto del Bildung: perspectiva que orienta el diseño de propuestas de enseñanza emancipadoras

## Design-based research in the context of Bildung: perspective that guides the design of emancipatory teaching proposals

Boris Fernando Candela-Rodríguez <sup>1</sup>

**Para citar este artículo:** Candela-Rodríguez BF. La investigación basada en el diseño en contexto Bildung: perspectiva que orienta el diseño de propuestas de enseñanza emancipadoras. Praxis. 2025;21(1): xx-xx. <http://dx.doi.org/10.21676/23897856.5916>

Recibido en mayo 25 de 2024

Aceptado en julio 13 de 2024

Publicado en línea en diciembre 19 de 2024

### RESUMEN

En el campo de la educación en ciencias, en la última década, se ha generado la necesidad de brindar a los estudiantes la oportunidad de construir una cultura para la acción sociopolítica. Esto les permitiría afrontar las problemáticas sociocientíficas y socioambientales de la sociedad del riesgo. Por ello, este artículo de revisión tuvo la intención de contribuir a la comprensión de cómo la Investigación Basada en el Diseño, en el marco del Bildung reflexivo-crítico, puede orientar el diseño e implementación de propuestas de enseñanza emancipadoras en la educación en ciencias. Los datos documentales se recopilieron y analizaron desde la perspectiva cualitativa e interpretativa, utilizando la técnica del análisis de contenido. Para ello, se seleccionaron artículos de investigación, reflexión y capítulos de libros relevantes, basándose en criterios intencionales y teóricos, y utilizando palabras clave relacionadas con el problema de investigación. Este artículo permitió evidenciar la necesidad de extender los presupuestos epistemológicos y metodológicos convencionales de la Investigación Basada en el Diseño a unos emancipadores. Esto con el fin de fundamentar la investigación y el desarrollo curricular de propuestas de enseñanza de carácter crítico, que brinden a los jóvenes la oportunidad de construir una cultura sociopolítica.

**Palabras clave:** evaluación figuroanalógica; evaluación inicial; ciudadanía creativa; pensamiento crítico.

### ABSTRACT

In the field of science education, in the last decade, there has been a need to provide students with the opportunity to build a culture for sociopolitical action. This would allow them to face the socio-scientific and socio-environmental problems of the risk society. Therefore, this review article aimed to contribute to the understanding of how Design-Based Research, within the framework of critical-reflective Bildung, can guide the design and implementation of emancipatory teaching proposals in science education. The documentary data was collected and analyzed from a qualitative and interpretative perspective, using the technique of content analysis. For this purpose, relevant research articles, reflections, and book chapters were selected, based on intentional and theoretical criteria, and using keywords related to the research problem. This article made it possible to show the need to extend the conventional epistemological and methodological assumptions of Design-Based Research to emancipatory ones. The purpose is to base the research and curricular development of critical teaching proposals that provide young people with the opportunity to build a sociopolitical culture.

**Keywords:** design-based research; scientific literacy; critical-reflective Bildung; education; risk society.

---

1. MSc. Universidad del Valle, Cali, Colombia. Correo: [boris.candela@correounivalle.edu.co](mailto:boris.candela@correounivalle.edu.co) - <https://orcid.org/0000-0002-5833-1975>

## INTRODUCCIÓN

Desde el comienzo del siglo XXI la educación en ciencias ha experimentado una evolución en sus objetivos curriculares. Este cambio se ha manifestado en un continuo desarrollo de metas que se han centrado en tres aspectos:

1. La internalización de los productos y procesos científicos por parte de los jóvenes, con el objetivo de adquirir una alfabetización científica convencional.
2. La apropiación de la cultura científica para su aplicación en la resolución de problemas sociales reales.
3. La apropiación de los contenidos de las ciencias naturales, sociales y humanas con el fin de identificar, formular y resolver problemas sociocientíficos y socioambientales a través de acciones sociopolíticas.

Este continuo curricular se inicia con una orientación transmisionista, evoluciona hacia una perspectiva sociocultural y culmina en una visión crítica. Así, la primera perspectiva es monodisciplinaria, la segunda es interdisciplinaria dentro de la educación en ciencias, y la tercera es interdisciplinaria, abarcando tanto las ciencias naturales como las ciencias sociales y humanas. Por lo tanto, la primera perspectiva ofrece a los estudiantes la oportunidad de aprender ciencias; la segunda permite a los jóvenes ciudadanos lograr una alfabetización científica contextualizada y situada; y la tercera proporciona a los jóvenes ciudadanos la posibilidad de desarrollar una Alfabetización Científica Crítica (ACC) y política.

En este sentido, Candela (2024) sostiene que el diseño e implementación de propuestas de enseñanza-aprendizaje que representa la ACC exigen que el profesor tome decisiones curriculares e instruccionales basadas en la interacción sinérgica entre los contenidos de las ciencias naturales y las sociales o humanas. Por supuesto, los problemas del mundo real a menudo superan las fronteras de una sola disciplina y los estudiantes deben estar equipados para abordar estos desde múltiples perspectivas. Al hacerlo, no solo se preparan para asumir como proyecto de vida las tecnociencias, sino que también se convierten en ciudadanos informados y comprometidos, capaces de participar en la solución de los problemas sociocientíficos y socioambientales generados por el desarrollo de las ciencias y la tecnología de manera social y comunitaria.

La resolución de problemas de carácter multidimensional exige que los ciudadanos adquieran, a través de su socialización primaria y secundaria, tanto en el hogar como en la escuela, una alfabetización científica crítica y emancipadora (Candela, 2024). Esta forma de alfabetización proporciona a los ciudadanos habilidades esenciales como el razonamiento sociocientífico, la adaptabilidad al cambio, la argumentación basada en evidencias, el pensamiento crítico, la resolución de problemas y la toma de decisiones informadas. Estas habilidades sociocognitivas preparan a los individuos para enfrentar y resolver los desafíos que plantea la sociedad del riesgo<sup>2</sup>.

Asimismo, resulta importante reconocer que la educación en ciencias es, por naturaleza, política (Hodso, 2011; Ruitenbergh, 2009; Santos, 2009). Por lo tanto, la neutralidad en la enseñanza científica es un mito. Si un profesor no es consciente de esta realidad, puede respaldar inadvertidamente el *statu quo* de la sociedad dominante, que se ha caracterizado por perpetuar y exacerbar la desigualdad social y todas las formas de opresión, ya sea de clase, género, orientación sexual, raza, etnia, entre otras (Jickling y Wals,

---

<sup>2</sup> En este manuscrito, el autor conceptualiza la sociedad del riesgo como aquella cuya agencia se caracteriza por la incertidumbre, la complejidad, la volatilidad y la ambigüedad. Estas propiedades son el resultado de los desarrollos tecnocientíficos ocurridos en el marco de la modernidad y la postmodernidad en los países occidentales y algunos asiáticos.

2008).

Con el propósito de tensionar y socavar el *statu quo* de la sociedad dominante, se hace necesario diseñar e implementar propuestas de enseñanza de las ciencias de carácter emancipador. Para esto, el campo de la educación en ciencias ha identificado la necesidad de expandir la Investigación Basada en el Diseño (DBR, por sus siglas en inglés) más allá de su enfoque convencional. Esta evolución apunta al diseño e implementación de propuestas de enseñanza y aprendizaje en ciencias que sean a la vez emancipadoras y políticas. Así, la DBR en la educación en ciencias ha estado dominada por propuestas de enseñanza transmisionista y socioculturales. Si bien estos enfoques pueden ser efectivos para construir una cultura científica, a menudo no promueven el pensamiento crítico, el razonamiento sociocientífico y la cultura de la acción sociopolítica.

Por lo tanto, existe una creciente necesidad de que la DBR se oriente hacia el diseño, la implementación y evaluación de propuestas de enseñanza sociopolíticas y emancipadoras. Estos enfoques curriculares buscan no solo la enculturación de los jóvenes ciudadanos, sino también el desarrollo de una alfabetización científica, política y mediática. Estas dimensiones de la alfabetización crítica permitirán a los jóvenes ciudadanos cuestionar, analizar y desafiar las normas y estructuras científicas, tecnológicas, sociales e ideológicas detrás de los desarrollos tecnocientíficos existentes. Para ello, la secuencia de actividades de aprendizaje derivadas del diseño de la propuesta de enseñanza y aprendizaje proporcionará la posibilidad de apropiarse de la práctica reflexiva de nivel crítico en el marco de las acciones (praxis). De ahí que, se considere que la praxis se convierte en la herramienta que fundamentará la identificación, formulación y solución de un problema sociocientífico o socioambiental específico (Candela, 2023a).

Por otra parte, la investigación basada en el diseño (DBR) se organiza en un ciclo de diseño, implementación y evaluación de propuestas de enseñanza y aprendizaje. Este ciclo es realizado por el investigador en colaboración con los profesores de escuela primaria y secundaria. Las tareas de diseño e implementación están guiadas por el sistema de conocimientos, creencias y valores del investigador y los profesores (Candela, 2019a; Candela, 2023b). Este sistema, respaldado por la literatura general y específica de las ciencias naturales, sociales y humanas, así como por la práctica reflexiva, facilita la toma de decisiones curriculares e instruccionales, las cuales se logran materializar a través de una secuencia de actividades de aprendizaje.

Conviene subrayar que, el *Bildung* reflexivo-crítico, un constructo filosófico originario de Alemania y los países escandinavos, juega un papel esencial en la evolución de la DBR. Este constructo está intrínsecamente relacionado con la Alfabetización Científica Crítica (ACC) (Sjöström, *et al.*, 2017). Desde luego, el *Bildung* proporciona una guía para el diseño e implementación de propuestas de enseñanza-aprendizaje emancipadoras, orientándolas en dos aspectos fundamentales: el educativo y el político. El aspecto educativo brinda a los jóvenes la oportunidad de apropiarse los productos y los procesos científicos para abordar problemas contextuales. Por otro lado, el aspecto político se centra en cultivar una cultura de acción sociopolítica, que servirá como base para resolver los problemas sociocientíficos y socioambientales típicos de la sociedad del riesgo.

Estos dos aspectos otorgan a las propuestas de enseñanza y aprendizaje un carácter político y emancipador. De esta manera, el *Bildung* no solo orienta la formación de ciudadanos con alfabetización científica, sino que también promueve la formación de ciudadanos críticos y activos en la sociedad. Por tanto, el *Bildung* y la DBR se entrelazan para formar un marco integral que guía la educación en ciencias hacia la formación de ciudadanos críticos y participativos.

En este contexto, el desarrollo teórico de la toma de decisiones curriculares e instruccionales se traduce en teorías de dominio específico que entrelazan los contenidos de las ciencias naturales, sociales y humanas. Estas teorías, consideradas conjeturas en la fase de diseño y convertidas en acción durante la implementación y evaluación, documentan cómo los jóvenes ciudadanos desarrollan una cultura de acción sociopolítica y las estrategias pedagógicas más adecuadas para apoyar esta meta curricular emancipadora. Es posible que estas teorías de dominio específico, obtenidas a través del diseño e implementación de una propuesta de enseñanza en un aula real, puedan ser transferibles a otros contextos educativos, siempre que se ajusten a los antecedentes socioculturales de los estudiantes.

En última instancia, las decisiones curriculares e instruccionales que toma el profesor o diseñador se materializan a través del diseño e implementación de una secuencia de actividades. Estas decisiones se generan en el marco de una interacción sinérgica entre los principios de la DBR y el Bildung reflexivo-crítico. La implementación de estas decisiones se realiza a través de procesos de transacción de significados que generan un andamio a los jóvenes ciudadanos. Este andamiaje facilita la construcción progresiva de una cultura de acción social y política.

Para lograr la anterior meta curricular, las actividades de aprendizaje deben estar configuradas por un contexto problemático y un conjunto de tareas-problema (Gilbert, 2006). El contexto se caracteriza por representar un problema sociocientífico y/o ambiental que está estrechamente vinculado con las metas de aprendizaje de orden científico y sociohumanista. Por otro lado, las tareas-problema ofrecen a los estudiantes la posibilidad de planificar, ejecutar y evaluar una serie de acciones sociopolíticas. De esta manera, se promueve un aprendizaje activo y significativo en ellos.

Por supuesto, las actividades de aprendizaje deben poseer los siguientes atributos: evento focal o problema sociocientífico y/o ambiental; tareas problemas cuya solución demanda de los estudiantes una planeación y ejecución de una serie acciones sociopolíticas; evento focal que represente de forma entrelazada los conocimientos de las ciencias naturales y sociales-humanas; y generar la necesidad de apropiarse del discurso interdisciplinario proveniente de la interacción entre los conocimientos científicos y sociohumanistas.

Finalmente, este artículo de revisión pretende contribuir a la comprensión de cómo la DBR, en el marco del Bildung reflexivo-crítico, puede orientar el diseño e implementación de propuestas de enseñanza emancipadoras en la educación en ciencias, con el fin de ayudar a mediar en los jóvenes ciudadanos la construcción de una cultura para la acción sociopolítica.

## METODOLOGÍA

Los principios epistemológicos y ontológicos que fundamentan el problema abordado en este estudio respaldaron la elección del paradigma cualitativo e interpretativo como la perspectiva metodológica que permitió recopilar la evidencia documental (Creswell, 2013). Además, la técnica del análisis de contenido, junto con el problema de investigación, guio la recolección y análisis de datos. Para ello, se seleccionaron las unidades de muestreo, contexto y registro (Krippendorff, 2018). Las primeras hacen referencia a los artículos de investigación, reflexión y capítulos de libros seleccionados. Esta elección se basó en criterios intencionales y teóricos, es decir, la búsqueda en las bases de datos se llevó a cabo utilizando palabras clave relacionadas con el problema de investigación. Las segundas se refieren a uno de los artículos o capítulo que conforman las unidades de muestreo, mientras que las terceras son una o todas las secciones que estructuran cada una de las unidades de contexto. La selección de las unidades de muestreo se llevó a cabo en las principales bases de datos del ámbito de la educación en ciencias a través de Internet. Esta elección se enfocó en la literatura que aborda los siguientes temas: investigación basada en estudios de diseño, educación en ciencias con un enfoque emancipador, currículos críticos de ciencias y el concepto de Bildung.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS DE DATOS

La técnica de análisis de contenido facilitó la lectura sistemática de las unidades de registro provenientes de las unidades de contexto. En este sentido, esta técnica respaldó la lectura reflexiva y crítica de la serie de documentos que representan de manera profunda la teoría sobre la DBR, la educación en ciencias para la acción sociopolítica, el desarrollo curricular, las diferentes visiones de la Alfabetización Científica y el Bildung. Para llevar a cabo este proceso, el autor de esta investigación gestionó los datos documentales mediante el software ATLAS.ti y realizó una comparación constante entre las propiedades de las unidades de registro y las teorías sustantivas que delimitaron el problema. Así, se llevaron a cabo dos fases de codificación que dieron lugar a una serie de códigos con sus respectivos memos teóricos. Estos códigos fueron comparados con el objetivo de fusionarlos para generar las categorías o resultados, cuyo desarrollo teórico en formato narrativo permitió documentar los significados manifiestos y latentes presentes en las unidades de contexto analizadas (ver tabla 1).

**Tabla 1.** Categorías emergidas del análisis de contenido a través de la fusión de los códigos.

| Categoría  | Códigos   |
|--|---|
| La DBR, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias.  | Diseño, implementación, evaluación, propuestas de enseñanza, educación en ciencias, ciclo iterativo de diseño, teorías de dominio específico.   |
| La Investigación Basada en el Diseño y su aplicación en la educación científica: un enfoque metodológico.  | Enfoque metodológico, diseño instruccional, iteración, enseñanza y aprendizaje, contextos reales, y evaluación.   |
| El Bildung Reflexivo-Crítico: un marco filosófico para la educación en ciencias en el siglo XXI.   | Bildung, pedagogía crítica, Identificación de los desafíos y las demandas de la educación en ciencias en el contexto del siglo XXI, educación en ciencias para la acción sociopolítica, y relación entre Bildung y la educación en ciencias críticas. |
| La Alfabetización Científica Crítica y el Bildung Reflexivo-Crítico: visiones y transformaciones en la educación en ciencias.  | Alfabetización científica crítica, Bildung reflexivo-crítico y Visiones de la alfabetización científica, relación entre el Bildung y la alfabetización científica crítica.  |
| El Bildung Reflexivo-Crítico y la selección de contenidos y problemas sociocientíficos en la educación emancipadora en ciencias.   | Bildung Reflexivo-Crítico en la Educación en Ciencias, Selección de Contenidos Sociocientíficos, Educación en Ciencias Emancipadora, e Intersecciones entre Bildung Reflexivo-Crítico y Contenidos Sociocientíficos.                                  |
| Contextos problemáticos y tareas-problema en la alfabetización científica crítica: un enfoque interdisciplinario para la resolución de problemas sociocientíficos y ambientales. | Alfabetización Científica Crítica, Contextos Problemáticos en la Educación en Ciencias, Tareas-Problema Interdisciplinarias, Resolución de Problemas Sociocientíficos y Ambientales, y Enfoque Interdisciplinario en la Educación en Ciencias.        |
| Integración del ciclo de aprendizaje y el modelo de desarrollo sociopolítico en la enseñanza emancipadora.   | Ciclo de Aprendizaje en la Enseñanza de las Ciencias, Modelo de Desarrollo Sociopolítico en la Enseñanza Emancipadora, Integración del Ciclo de Aprendizaje y el Modelo de Desarrollo Sociopolítico y Enseñanza Emancipadora en Ciencias.             |

Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

### La DBR, las teorías de dominio específico y el ciclo de diseño iterativo en la educación en ciencias

Desde mediados de los años ochenta, Klopfer (1983) señaló que la educación científica está atravesando una crisis. Esto se debe a que las teorías sobre la enseñanza y el aprendizaje de los fenómenos naturales

han encontrado limitaciones para fundamentar el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje específicos desde un punto de vista disciplinario, pedagógico, curricular, contextual y tecnológico. Esta situación ha llevado a los expertos en este campo a desarrollar y mantener la línea de investigación conocida como DBR, con el objetivo de abordar directamente el problema de la ruptura existente entre la teoría proveniente de la literatura en educación y la enseñanza de las ciencias en contextos reales de aula (Anderson y Shattuck, 2012; Candela, 2016; Candela, 2019; Candela, 2023b).

De acuerdo con Brown (1992) y Collins (1992), el propósito principal de la DBR es llevar a cabo un ciclo recurrente de diseño, implementación, y evaluación de ambientes de aprendizaje en contextos reales. Este ciclo se fundamenta en la disciplina, la pedagogía, el currículo y la tecnología de la educación en ciencias, así como en la experiencia del docente/investigador/diseñador. Por lo tanto, se argumenta que la práctica completa del ciclo de diseño iterativo en entornos de aula reales, mediada por la reflexión para, en y sobre la acción (Schön, 1983; Anderson y Shattuck, 2012), permite la creación de una serie de principios o teorías instruccionales de dominio específico sobre la enseñanza y el aprendizaje de un contenido (Candela, 2023b). Las teorías son específicas para un dominio, dado que provienen de la investigación en aulas reales y adoptan un carácter naturalista y una validez ecológica. Así, estas no son generalizables, sino transferibles a otros contextos mediante la réplica del estudio original.

La formulación de teorías de dominio específico se logra gracias a las interacciones significativas que se establecen equitativamente entre los investigadores, los diseñadores y los profesores de ciencias en el contexto del ciclo iterativo de diseño instruccional (Candela, 2023b). De hecho, estas interacciones intersubjetivas buscan transformar las prácticas pedagógicas en la educación primaria y secundaria con el objetivo de influir en los estudiantes tanto a nivel educativo como social (Candela, 2023a). Para lograr esto, este colectivo, apoyado en la literatura de educación científica, el currículo estatal y la sabiduría que proporciona la experiencia lleva a cabo un análisis reflexivo del currículo y la instrucción que le permite integrar una serie de elementos para la enseñanza de un contenido específico de forma intercurricular e intracurricular (Anderson & Shattuck, 2012; Candela, 2016; Candela, 2023b; Clements, 2014; Shwartz et al., 2008). Esta integración curricular se documenta mediante decisiones curriculares e instruccionales que informan el diseño, desarrollo y puesta en escena de una secuencia de actividades de aprendizaje (Candela, 2023b).

Cobb y Gravemeijer (2014) y Candela (2023b) afirman que el contenido disciplinar, pedagógico, tecnológico, sociocultural y político que configuran a las teorías de dominio específico presentan una validez ecológica. En este sentido, el autor de este manuscrito considera que las teorías de dominio específico se convierten en un recurso curricular adecuado para los programas de formación y desarrollo profesional docente, cuyo objetivo es el diseño, la implementación y la evaluación de propuestas de enseñanza críticas. De hecho, los relatos narrativos que dan vida a estas teorías documentan las técnicas, estrategias y modelos de enseñanza apropiados para mediar el proceso de enculturación y desarrollo de la cultura de la acción sociopolítica de unos estudiantes particulares (Candela, 2023b). Dichos relatos pueden servir como contextos problemáticos que, junto con la serie de tareas problemas, configuran auténticas actividades de formación y desarrollo profesional docente. Por supuesto, estas tareas deben estar catalizadas por la práctica reflexiva en los tres niveles de reflexividad (técnico, práctico y crítico).

La Investigación Basada en el Diseño y su aplicación en la educación científica: un enfoque metodológico  
La DBR es reconocida por los expertos en educación científica como una metodología de investigación con la misma relevancia metodológica que los paradigmas cualitativos y cuantitativos (Candela, 2023b; Confrey, 2006). En este sentido, los investigadores junto con los profesores de la escuela primaria y secundaria identifican y delimitan problemáticas referentes a la enseñanza y aprendizaje de un contenido de las

ciencias. Con el propósito de construir la solución al problema delimitado, por lo general, ellos hacen un uso intencional del enfoque de estudios de casos desde Yin (2003), quien los clasifica en exploratorio, descriptivo y explicativo. Los investigadores y profesores hacen corresponder de manera biunívoca cada uno de los casos a las fases de diseño del ambiente de aprendizaje (ver tabla 2).

**Tabla 2.** Correspondencia biunívoca entre los estudios de caso de Yin (2003) y las fases del ciclo de diseño.

|                         |              |                |             |
|-------------------------|--------------|----------------|-------------|
| <b>Estudios de caso</b> | Exploratorio | Descriptivo    | Explicativo |
| <b>Ciclo de diseño</b>  | Diseño       | Implementación | Evaluación  |

Fuente: Tomado de Alzaghbi (2010).

Por todo esto, se considera que la evidencia es de carácter documental y empírica. Así, la primera se obtiene de las teorías de orden general (p. ej., pedagogía crítica, teorías del aprendizaje, teorías de la enseñanza) y específicas (currículo estatal de ciencias, dificultades y concepciones alternativas de las ciencias, teorías de las TIC que representan los contenidos ciencias). La segunda se recaba en las fases de implementación y evaluación; para ello, se utiliza la observación, la entrevista semiestructurada, el registro de audio y video, los trabajos de los estudiantes, el pretest y postest (Wang y Hannafin, 2005; Alzaghbi, 2010).

Por tanto, se argumenta que el ciclo iterativo del diseño tiene como propósito llevar a cabo una evaluación formativa de carácter tripartito. Así pues, los investigadores junto con los profesores comparan de forma reflexiva las intenciones de diseño conjeturadas, las acciones y estrategias de aprendizaje y enseñanza implementadas, y los resultados de aprendizaje alcanzados por los estudiantes. Por todo esto, Candela (2023b) argumenta que la DBR es un nuevo método de investigación que orienta la recolección de datos de carácter documental y fácticos, los cuales median el ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación de propuestas de enseñanza de contenidos específicos en un aula real.

### **El Bildung reflexivo-crítico: un marco filosófico para la educación en ciencias en el siglo XXI**

El Bildung, que tiene sus raíces en los contextos alemán y escandinavo, ha evolucionado desde la segunda mitad del siglo XVIII (Horlacher, 2016). Este concepto educativo se atribuye al filósofo y político alemán Wilhelm Von Humboldt (1767-1835), quien fundamentó sus ideas en las filosofías de Immanuel Kant (1724-1804) y su discípulo Johann Gottfried Herder (1744-1803) (Nordenbo, 2002; ver también Von Humboldt, 2000).

Bildung se caracteriza como un marco filosófico que guía el proceso de enseñanza y aprendizaje en las disciplinas académicas de la educación primaria y secundaria. Su propósito es fomentar en los jóvenes ciudadanos una serie de habilidades y actitudes, como la conciencia crítica, la formación del carácter, la autodeterminación, el autodescubrimiento, la reflexión crítica y la acción reflexiva (Vásquez-Levy, 2002). Este constructo está estrechamente vinculado a conceptos como la moralidad, la ética, la virtud, y en general, la humanidad (Reichenbach, 2016). Por lo tanto, Biesta (2002b) argumenta que el objetivo principal de Bildung es formar ciudadanos que sean responsables con la sociedad y el ambiente.

Por lo tanto, en las últimas décadas, en el contexto de la Investigación Basada en el Diseño, puede considerarse que el concepto de Bildung proporciona un marco teórico que puede guiar el diseño, la implementación y la evaluación de ambientes de aprendizaje de contenidos científicos (Candela, 2016; Ståhl & Hussénus, 2017). En este sentido, es posible argumentar que el objetivo principal de estos

ambientes es formar ciudadanos que luchan por la transformación social y el cuidado del medio ambiente (Biesta, 2002b; Gómez-Barrera, 2021).

Por todo lo anterior, Nordenbo (2002) sostiene que Bildung, en un sentido contemporáneo del término, abarca tanto una dimensión educativa como política; es decir, implica autonomía y ciudadanía responsable. En este contexto, Bildung integra la moralidad personal y la política como dos aspectos inseparables. Además, se basa en la autoformación autónoma y la acción reflexiva y responsable, tanto a nivel individual como en la interacción con la sociedad (Sjöström, 2013).

Según Sjöström *et al.* (2017), el Bildung se fundamenta en tres filosofías educativas: esencialismo, progresismo y reconstruccionismo. El esencialismo se enfoca en el conocimiento disciplinario, el progresismo en el desarrollo del estudiante y el reconstruccionismo en la transformación de la sociedad mediante la ciudadanía crítica. La interacción de estas filosofías educativas con los aspectos culturales y geopolíticos ha dado lugar a tres tipos de Bildung: clásico, progresista y reconstruccionista/reflexivo-crítico.

- El Bildung clásico está vinculado al esencialismo y tiene como objetivo proporcionar a los estudiantes la oportunidad de apropiarse de los productos y procesos de las ciencias. Este conocimiento tiene como finalidad transformar su estructura cognitiva para alcanzar un desarrollo científico y tecnológico.
- El Bildung progresista tiene como objetivo ofrecer a los estudiantes la oportunidad de apropiarse de los productos y procesos de las ciencias mediante la resolución de diversas situaciones problemáticas relacionadas con estos contenidos curriculares. De esta manera, los estudiantes tendrán la posibilidad de aplicar los conocimientos científicos en la resolución de problemas de su contexto sociocultural (pragmatismo).
- El Bildung reconstruccionista o reflexivo-crítico se centra en que la educación en ciencias sea una herramienta que permita a los jóvenes ciudadanos participar de manera consciente en sus diferentes ámbitos de actuación para la transformación social y el desarrollo sostenible. Para ello, la educación en ciencias facilitaría la apropiación de la cultura para la acción social y política a través de la identificación y solución de las problemáticas sociocientíficas y socioambientales generadas por el desarrollo de las tecnociencias. Por todo esto, Biesta (2002b) considera que este tipo de Bildung está conectado con la cultivación, la socialización, el empoderamiento y la emancipación. Estas características le añaden al Bildung la dimensión política.

Asimismo, el Bildung reconstruccionista, también conocido como reflexivo-crítico, se alinea con las necesidades de la sociedad del riesgo, caracterizado por el postmodernismo. Este tipo de Bildung reflexivo-crítico, en el contexto postmoderno, sostiene que la educación en ciencias debe distanciarse de la noción de verdades universales y objetivas y orientarse hacia una comprensión más contextual y relativa del conocimiento científico (Biesta, 2002b). De ahí que el Bildung reflexivo-crítico considera que el conocimiento científico y los avances tecnológicos son construcciones sociales y culturales, y, por lo tanto, están sujetos a múltiples interpretaciones y perspectivas. En este sentido, la educación en ciencias en el marco de esta clase de Bildung busca promover el pensamiento crítico, la reflexión y la argumentación basada en evidencia (Taylor, 2017). Estas habilidades sociocognitivas se desarrollan en el contexto de la identificación y resolución de auténticas problemáticas sociocientíficas y socioambientales.



Por otro lado, se ha demostrado que el Bildung reflexivo-crítico surgió como un contrapunto a las dinámicas sociopolíticas y económicas de las perspectivas neoliberales. Estas últimas se caracterizan por imponer en las dinámicas socioculturales y educativas un discurso basado en estándares, competencias, y control de calidad. En este contexto, Horlacher (2016, p. 118) sugiere: "Bildung es [...] considerado como una herramienta para promover la educación política y fomentar el espíritu público y la identidad en [...] sociedades multiculturales".

Por todo esto, el autor de este artículo sostiene que el Bildung reflexivo-crítico actúa como un marco teórico que puede guiar el diseño e implementación de propuestas de enseñanza de las ciencias con un carácter emancipador en un mundo postmoderno. En este tipo de educación científica emancipadora, se debe entender el papel de los jóvenes ciudadanos como un proceso reflexivo, en el cual logran construir una postura crítica hacia la cultura y la sociedad existentes (Biesta, 2002a). A través de este proceso de subjetivación, los estudiantes se transforman en sujetos autónomos de acción y responsabilidad. Esta orientación busca capturar una concepción de la subjetividad humana que no es egoísta ni centrada en sí misma, sino que siempre se entiende en relación responsable con otros seres humanos y, por extensión, con el mundo natural en general (Biesta, 2013). Biesta (2012b) describe esta situación como algo altamente político que interviene y reconfigura el orden existente de las cosas.

También, Ebenezer (2013) sostiene que el Bildung reflexivo-crítico se fundamenta en las criticidades de la conciencia crítica, la alfabetización y la agencia críticas. Estas criticidades dan forma a la praxis, que se caracteriza por la relación sinérgica entre la reflexión y la acción. Galloway (2012, p. 166) afirman que: "La praxis debe implicar tanto la acción como la reflexión; es una relación dialéctica en la que la acción debería conducir a la reflexión crítica y donde esta reflexión, si es verdadera, conducirá a la acción".

### **La Alfabetización Científica Crítica y el Bildung reflexivo-crítico: visiones y transformaciones en la educación en ciencias**

Uno de los objetivos políticos de la educación en ciencias es fomentar la Alfabetización Científica entre los estudiantes. El concepto de *Alfabetización Científica* surgió en los Estados Unidos a finales de la década de 1950 (Norris & Phillips, 2015). Desde su concepción, este constructo ha tenido diversas interpretaciones (Bybee, 2015). Roberts (2007, 2011) ha distinguido dos visiones principales de la alfabetización científica basadas en la comprensión del concepto: la Visión I se centra en la apropiación de los productos y procesos de las ciencias para su aplicación posterior, mientras que la Visión II se enfoca en el aprendizaje para la utilidad del conocimiento científico en la vida y la sociedad, es decir, los estudiantes adquieren conocimiento científico con el propósito de resolver problemas auténticos de su contexto.

Además, en la última década, los investigadores en educación en ciencias han comenzado a utilizar la pedagogía crítica y la teoría del aprendizaje transformador en sus proyectos de investigación. Esta situación ha incrementado el interés en extender la conceptualización de las Visiones I y II de la alfabetización científica a la Visión III (Sjöström & Eilks, 2018). Desde luego, la Visión III se caracteriza por representar los problemas sociocientíficos y socioambientales producidos por los avances de las tecnociencias en el diseño e implementación de propuestas de enseñanza emancipadoras. Si la Visión II se centra en la socialización, la Visión III va un paso más allá y se enfoca en la emancipación y la participación social y comunitaria. Dos Santos (2009, p. 362) escribe: "más allá del propósito de la educación científica humanística a fin de preparar a los ciudadanos para la sociedad tecnológica [Visión II], es necesario tener una visión más clara de la educación científica que tenga una función sociopolítica [Visión III]". Por lo tanto, la educación científica en el marco de la Visión III es inherentemente politizada y busca la justicia socioecológica.

Sjöström & Eilks (2018) establecieron una conexión significativa entre la Visión III de la alfabetización científica y el Bildung reflexivo-crítico. Estos académicos argumentan que la Visión III está vinculada y fundamentada en los principios de los marcos que respaldan la teoría del aprendizaje transformador, la pedagogía crítica, la educación para la sostenibilidad y el Bildung reflexivo-crítico. Por lo tanto, la Visión III de la alfabetización científica y el Bildung reflexivo-crítico se caracterizan por fundamentar el diseño e implementación de propuestas de enseñanza de las ciencias de carácter crítico.

Así pues, Lewinson *et al.* (2002) argumentan que estas propuestas de enseñanza emancipadoras se sustentan en cuatro dimensiones: (1) interrupción de lo común, (2) interrogación de múltiples puntos de vista, (3) enfoque en problemas sociopolíticos y socioambientales, y (4) acción y promoción de la justicia social. Por esto, consideran que la educación en ciencias en la escuela primaria y secundaria debe brindar a los jóvenes ciudadanos la oportunidad, no solo de apropiarse de una alfabetización científica sociocultural, sino también de una alfabetización científica crítica. Esta última les permitirá afrontar las complejidades e incertidumbres de la sociedad del riesgo, con el fin de disminuir las desigualdades sociales y los campos de opresión.

Por todo esto, en este texto se argumenta que existe una relación sinérgica entre la Visión III y el Bildung reflexivo-crítico. De hecho, considera la educación en ciencias como una herramienta que permite formar a los jóvenes ciudadanos para la ciudadanía y el desarrollo sostenible. En este sentido, sostiene que el currículo de ciencias, desde esta perspectiva, debe motivar a los estudiantes a convertirse en ciudadanos libres y responsables, con una individualidad desarrollada a nivel cognitivo, social, moral y estético (Burman, 2014). Para ello, el diseño e implementación de ambientes de aprendizaje emancipadores se basa en el análisis de los fundamentos socioéticos de una sociedad que promueve hábitos democráticos (Väkevä, 2012).

### **El Bildung reflexivo-crítico y la selección de contenidos y problemas sociocientíficos en la educación emancipadora en ciencias**

El análisis de los datos documentales evidencia que, en una propuesta de enseñanza de las ciencias con un enfoque emancipador, la selección de los contenidos del currículo se determina por su conexión con los intereses sociales. Estos intereses, formulados por Hodson (2003), abarcan diversas áreas como la salud humana, la tierra, el agua y los recursos minerales, la alimentación y la agricultura, los recursos energéticos, la industria, las tecnologías de la información y comunicación (TIC), el transporte de información y la ética. Es importante destacar que estos intereses se alinean con una serie de problemas sociocientíficos y socioambientales que han surgido a raíz de los avances en las tecnociencias (Christensen, 2009; Marks *et al.*, 2014; Sjöström *et al.*, 2015).

Asimismo, se ha determinado que el Bildung reflexivo-crítico se emplea para justificar la selección del contenido curricular en las ciencias. En este contexto, Klafki (2000) describió a el Bildung como un conjunto útil de criterios que ayudan a determinar qué contenido debería enseñarse en las aulas de ciencias y qué aspecto de este tendría que resaltarse. Bolte (2008) siguió una línea similar, enfatizando que el Bildung reflexivo-crítico es el marco teórico apropiado para seleccionar los contenidos relevantes que permiten a los estudiantes construir una cultura de acción sociopolítica que orientaría su participación ciudadana, social y comunitaria.

Por lo tanto, en este artículo se sostiene que el diseño e implementación de propuestas curriculares que representan los problemas sociocientíficos y socioambientales va más allá del simple contenido científico. Estas propuestas se caracterizan por tener un elemento formativo para la personalidad del joven

ciudadano, que es considerado por la teoría del Bildung. Por esto, Schulz (2009) argumenta que la enseñanza orientada por el Bildung reflexivo-crítico es un ejemplo de educación en ciencias humanizadas.

De ahí que los contenidos de las ciencias que se encuentran relacionados con los problemas sociocientíficos y socioambientales se caracterizan por ser abiertos, divergentes, controversiales y sociocognitivos. La formulación y solución de estos problemas se basan en principios éticos, morales, y políticos (Zuin y Pacca, 2013). Es natural que los jóvenes desarrollen estos principios siempre que las propuestas de enseñanza emancipadoras reflejen la transdisciplinariedad, la ciudadanía y los valores filosóficos (Simonneaux, 2014a, 2014b). Además, estas propuestas deben permitir a los jóvenes establecer una conexión deliberada entre su sistema de conocimientos, creencias y valores y la problemática sociocientífica y ambiental en consideración. Esta conexión puede ser facilitada a través de procesos de comunicación que promuevan la argumentación basada en evidencia (Sadler, 2009; Zeidler, 2015). Por todo esto, Candela (2024) sostiene que dichas propuestas de enseñanza emancipadoras enfatizan la relevancia personal y social, la ética, la participación cívica y la formación de la autodeterminación.

Por otro lado, Stolz *et al.* (2013) han desarrollado, con una referencia explícita a Bildung, un conjunto de cinco criterios que guían la selección de los problemas sociocientíficos y socioambientales. Estos problemas son el contexto de aprendizaje que ayuda a estructurar el desarrollo de una Visión III de Alfabetización Científica Crítica. Según estos autores, los problemas sociocientíficos y socioambientales deben tener las siguientes características: (1) ser auténticos, (2) ser relevantes, (3) estar abiertos a diferentes perspectivas, (4) ser divergentes y debatibles, y (5) estar situados en el contexto del desarrollo de las tecnociencias. Estas características permiten a los jóvenes ciudadanos llevar a cabo procesos de negociación de significados y formas de significar en el marco de la formulación y resolución de estos problemas.

### **Contextos problemáticos y tareas-problema en la alfabetización científica crítica: un enfoque interdisciplinario para la resolución de problemas sociocientíficos y ambientales**

Las propuestas de enseñanza emancipadoras que se fundamentan en una base interdisciplinaria, pedagógica y tecnológica, se concretan a través de una secuencia de actividades de aprendizaje. Estas actividades, por su parte, se estructuran en torno a una serie de contextos problemáticos y tareas-problema. En este marco, el contexto se considera un evento focal multidimensional, incrustado en su entorno cultural (Duranti & Goodwin, 1992).

Desde luego, el autor de este manuscrito argumenta, en el marco de la Alfabetización Científica Crítica, que el contexto problemático idealmente debe ser un problema sociocientífico o socioambiental. Dichos problemas representan de manera interdisciplinaria los contenidos y procesos de las ciencias naturales, sociales y humanas. Algunos ejemplos de estos problemas incluyen el cambio climático, la *quimicalización* del ambiente, la energía renovable, el suministro de materiales, la ingeniería verde, la agricultura sostenible, la preservación de la biodiversidad, la provisión de recursos de agua limpia y los organismos genéticamente modificados. Estos eventos focales facilitan la negociación de significados y formas de significar por parte de los jóvenes ciudadanos.

Además, las tareas-problema son herramientas que, gestionadas desde un enfoque comunicativo de naturaleza interactiva y dialógica, permiten a los jóvenes ciudadanos llevar a cabo procesos sociocognitivos como el razonamiento sociocientífico, la argumentación basada en evidencia y el pensamiento crítico, entre otros. Estas habilidades respaldan la participación ciudadana, social y comunitaria, con el objetivo de resolver problemas sociocientíficos y ambientales generados por el desarrollo de las tecnociencias.

La puesta en escena de las tareas-problema, agenciada por el enfoque comunicativo interactivo/dialógico, fomenta el desarrollo de habilidades fundamentales para la participación ciudadana. Por ejemplo, los estudiantes que hayan desarrollado un razonamiento sociocientífico podrían analizar críticamente los problemas generados por las tecnociencias, con implicaciones tanto científicas como sociales. Además, si han apropiado la argumentación basada en evidencia, esta les permite sustentar sus posiciones de manera fundamentada. Por otro lado, el pensamiento crítico les brinda las herramientas necesarias para evaluar diferentes perspectivas y tomar decisiones informadas.

Estas habilidades sociocognitivas capacitan a los jóvenes ciudadanos para involucrarse de manera activa y efectiva en la resolución de problemas sociocientíficos y ambientales que afectan a sus comunidades. De esta manera, el uso de las tareas-problema, desde un enfoque comunicativo interactivo/dialógico, contribuye al desarrollo de una ciudadanía informada, crítica y comprometida con su entorno.

Por último, Gilbert (2006) argumenta que un contexto problemático tiene cuatro atributos, a saber:

1. Un escenario: Este permite a los jóvenes ciudadanos reconocer y valorar el escenario como un marco social, temporal y espacial donde el evento focal o problemática toma vida. En otras palabras, el escenario responde a las preguntas: ¿dónde se sitúa el evento focal?, ¿cuándo ocurre? y ¿cómo se desarrolla?
2. Un escenario de acciones sociales y políticas: este brinda a los estudiantes, a través de la solución colegiada a las diferentes tareas-problema, la oportunidad de identificar la problemática en cuestión. Esto con el fin de llevar a cabo un plan de acciones sociopolíticas encaminadas a construir, si no la mejor solución, por lo menos la más apropiada. Por supuesto, dichas tareas implican la identificación de problemas sociocientíficos y socioambientales, así como la planeación y ejecución de acciones sociopolíticas.
3. Apropiación sinérgica de los conocimientos de las ciencias naturales, sociales y humanas que se encuentran vinculados al evento focal o problemática sociocientífica y/o socioambiental.
4. Uso intencional de los conocimientos de las ciencias naturales, sociales y humanas que se encuentran estrechamente vinculados a la identificación y solución de la problemática sociocientífica y/o socioambiental bajo consideración. Desde luego, esta clase de conocimientos, junto con las otras bases epistémicas apropiadas en lecciones anteriores, se convierten en las herramientas que fundamentan la transacción de significados al interior de la comunidad de práctica. Esto contribuye a la construcción de una cultura de la acción sociopolítica.

Finalmente, las actividades de aprendizaje con una perspectiva crítica y emancipadora se fundamentan en las teorías del aprendizaje situado y sociocultural, así como en las pedagogías críticas. Como resultado, la secuencia de actividades proporciona a los jóvenes ciudadanos la oportunidad de:

1. Ver a los profesores y a los estudiantes como miembros de una comunidad de práctica (aula de ciencias). En este entorno, tienen la posibilidad de llevar a cabo negociaciones de significado y formas de significar en el marco de un problema sociocientífico y socioambiental.
2. Bajo la orientación y apoyo del profesor, los estudiantes pueden llevar a cabo una participación social y comunitaria. El propósito de esta participación es disminuir las desigualdades sociales y los campos de opresión, como, por ejemplo, la clase, el género, la raza, la etnia, la sexualidad, entre otros.

3. En el contexto de la alfabetización científica crítica, la secuencia de actividades de aprendizaje debe estar configurada por una serie de problemáticas sociocientíficas y socioambientales. La solución de estas problemáticas permitirá a los jóvenes ciudadanos construir de forma progresiva una cultura para la acción social y política.
4. Esta clase de actividad de aprendizaje tiene la intención de que los estudiantes transfieran los aprendizajes alcanzados a otras lecciones dentro del curso o a lo largo de su escolarización.

### **Integración del ciclo de aprendizaje y el modelo de desarrollo sociopolítico en la enseñanza emancipadora**

El diseño y la implementación de propuestas de enseñanza con un enfoque emancipador han demostrado que el éxito en el desarrollo de la Alfabetización Científica Crítica en los jóvenes ciudadanos está determinado por el nivel de cultura sociopolítica que hayan apropiado. También, se ha observado que los currículos con una perspectiva emancipadora son considerados como ambientes de aprendizaje relativamente novedosos. De ahí que Hodson (2011) argumenta que, en general, los estudiantes de primaria y secundaria aún no han comenzado a desarrollar una cultura para la acción social y política.

Por todo esto, este documento sostiene que, para superar la limitación anterior, es necesario diseñar, implementar y evaluar propuestas de enseñanza emancipadoras. Este ciclo de diseño, que genera la propuesta de enseñanza, debe estar guiado por la relación sinérgica entre el ciclo de aprendizaje y las tres fases del modelo de construcción de una cultura sociopolítica (Candela, 2024; Hodson, 2011) (ver tabla 3). Dicha relación, junto con la toma de decisiones curriculares e instruccionales, orienta la construcción y puesta en escena de la secuencia de actividades de aprendizaje. Esta secuencia representa, de forma interdisciplinar el contenido de las ciencias naturales, sociales y humanas, así como los problemas sociocientíficos y socioambientales asociados a estos.

**Tabla 3.** Integración del ciclo de aprendizaje y el modelo de la cultura sociopolítica.

|  | Fases del modelo |                 |            |
|--|------------------|-----------------|------------|
| <b>Modelo del ciclo del aprendizaje (Karplus y Thier, 1967)</b>      | Exploración      | Introducción    | Aplicación |
| <b>Modelo de la cultura de la acción sociopolítica Hodson (2010)</b> | Modelado         | Práctica guiada | Aplicación |

Fuente: Elaboración propia.

Las fases de exploración y modelado se concretan a través de una actividad de aprendizaje en la que el contexto y las tareas se configuran a partir de un caso que representa una problemática sociocientífica y socioambiental real. Esta problemática es formulada y resuelta por los ciudadanos mediante un plan de acciones sociales y políticas. El objetivo de estas fases es proporcionar a los jóvenes ciudadanos la oportunidad de apropiarse de un lenguaje común propio del activismo social y emancipador, como acciones directas e indirectas, justicia social, desarrollo sostenible, entre otros.

Las fases de introducción y práctica guiada se representan a través de una actividad de aprendizaje en la que es el profesor quien formula la problemática sociocientífica y socioambiental, con la intención de que sean los estudiantes quienes construyan la solución. Para ello, deben diseñar un plan de acciones sociopolíticas basado en la apropiación de los conocimientos de las ciencias experimentales, sociales y humanas. Estas fases no solo permiten a los jóvenes ciudadanos comprender los conceptos científicos, sino

que también les ayudan a desarrollar habilidades críticas y reflexivas. De esta manera, pueden comprender y abordar los desafíos sociocientíficos y socioambientales de la sociedad del riesgo.

Las fases de aplicación otorgan autonomía a los jóvenes ciudadanos para que sean ellos quienes identifiquen, formulen y construyan la solución a una problemática sociocientífica y socioambiental específica. Esta fase requiere un alto nivel de metacognición y reflexión crítica. Candela (2024) argumenta que el desarrollo de esta fase requiere de una alta cultura política y mediática.

## CONCLUSIÓN

Este artículo de revisión permite evidenciar que, en la última década, los eruditos del campo de la educación en ciencias han llegado al consenso de que, si se quiere tener ciudadanos con una participación social y comunitaria en la identificación y solución de los problemas sociocientíficos y socioambientales, se les debe brindar la oportunidad de construir de forma progresiva una cultura para la acción social y política. En este sentido, la Investigación Basada en el Diseño (IBD) emancipadora orienta el ciclo iterativo de diseño, implementación y evaluación, cuyos productos son las propuestas de enseñanza críticas y las teorías de dominio específico con perspectivas emancipadoras.

Asimismo, las teorías de dominio específico emancipadoras documentan la relación que se establece entre las intenciones de diseño (metas de aprendizaje interdisciplinar y pedagogías), las acciones sociopolíticas reales que los jóvenes llevan a cabo con el ánimo de comprender y resolver los problemas sociales y ambientales, y las estrategias pedagógicas críticas utilizadas por el profesor para apoyar la apropiación de la cultura para la acción social y política. Este conocimiento teórico y empírico puede ser utilizado como contexto de discusión en las actividades de formación docente de los cursos de aprender a enseñar ciencias desde una perspectiva crítica. De esta manera, las teorías de dominio específico de orden crítico se convierten en estudios de casos reales, los cuales brindan a los futuros docentes la posibilidad de apreciar cómo diseñar, implementar y evaluar propuestas de enseñanza emancipadoras que ayudan a mediar la construcción de una cultura para la acción social y política.

Definitivamente, las propuestas de enseñanza fundamentadas por la Investigación Basada en el Diseño emancipadora, en el contexto del Bildung reflexivo-crítico, permiten a los jóvenes ciudadanos lograr de forma progresiva una Alfabetización Científica Crítica en conjunción con la cultura para la acción social y política. El logro de esta expectativa curricular demanda que el diseñador/profesor lleve a cabo el ciclo iterativo de diseño y desarrollo curricular en el marco de la interacción sinérgica del ciclo de aprendizaje y las fases de la cultura para la acción sociopolítica. Cada una de estas fases orienta la puesta en escena de las actividades de la secuencia de aprendizaje. Las diferentes fases agencian metas curriculares de carácter interdisciplinar, estrechamente vinculadas con la formación de ciudadanos críticos, comprometidos y capacitados para abordar los complejos desafíos de la sociedad del riesgo.

Finalmente, este estudio proporciona un marco teórico y metodológico sólido para diseñar e implementar propuestas de enseñanza emancipadoras en la educación en ciencias, con el potencial de empoderar a los jóvenes ciudadanos para participar en la transformación social y el cuidado del medio ambiente. Los educadores e investigadores pueden aplicar estos hallazgos para desarrollar intervenciones educativas innovadoras y relevantes en el contexto de la sociedad del riesgo.

## DECLARACIÓN SOBRE CONFLICTO DE INTERÉS

El autor manifiesta que durante la ejecución del trabajo o la redacción del artículo no han incidido intereses personales o ajenos a su voluntad, incluyendo malas conductas y valores distintos a los que usual y éticamente tiene la investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alzaghbi, M. A. (2010). Instructional Design: Development, implementation and evaluation of a teaching sequence about plant nutrition in Saudi. University of Leeds.
2. Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-based research: A decade of progress in education research? *Educational Researcher*, 41(Jan./Feb.), 16-25. <http://dx.doi.org/10.3102/0013189X11428813>
3. Biesta, G. (2002a). Bildung and modernity: The future of Bildung in a world of difference. *Studies in Philosophy and Education*, 21, 343–351. <https://doi.org/10.1023/A:1019874106870>
4. Biesta, G. (2002b). How general can Bildung be? Reflections on the future of a modern educational ideal. *Journal of Philosophy of Education*, 36, 377–390. [https://doi.org/10.1163/9789004401105\\_003](https://doi.org/10.1163/9789004401105_003)
5. Biesta, G. (2012b). Have lifelong learning and emancipation still something to say to each other? *Studies in the Education of Adults*, 44, 5–20. <https://doi.org/10.1080/02660830.2012.11661620>
6. Biesta, G. (2013). Responsive or responsible? Democratic education for the global networked society. *Policy Futures in Education*, 11, 733–744. <https://doi.org/10.2304/pfie.2013.11.6.733>
7. Bolte, C. (2008). A conceptual framework for the enhancement of popularity and relevance of science education for scientific literacy, based on stakeholders' views by means of a curricular Delphi study in chemistry. *Science Education International*, 19, 331–350.
8. Brown, A. L. (1992). Design experiments: theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings. *Journal of the Learning Sciences*, 2(2), 141-178.
9. Burman, A. (2014). *Pedagogikens idéhistoria: Uppfostringsidéer och bildningsideal under 2500 år* [History of pedagogy: Ideas of education and ideals of Bildung during 2500 years]. Lund: Studentlitteratur (in Swedish).
10. Bybee, R. (2015). Scientific literacy. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 944–947). Dordrecht: Springer.
11. Candela, B. F. (2016). *La ciencia del diseño educativo*. Cali, Colombia: Programa Editorial de la Universidad del Valle.
12. Candela, B. F. (2019). Los estudios de diseño una metodología de investigación novedosa para la educación. *Revista de la Facultad de Ciencias*, 8(2), 138-155. <https://doi.org/10.15446/rev.fac.cienc.v8n2.79267>.

13. Candela, B. F. (2023a). Elementos de la práctica reflexiva en la formación y desarrollo profesional de los docentes. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (54), 339-354. <https://doi.org/10.17227/ted.num54-16421>
14. Candela, B. F. (2023b). La investigación basada en el diseño y el desarrollo curricular en la educación en ciencias. *Bio-grafía*, 16(31), 128-141. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.16.num31-19727>
15. Candela-Rodríguez, B. F. (2024). El currículo de ciencias: un instrumento educativo de carácter político. *Pedagogía y Saberes*, (60), 160-174. <https://doi.org/10.17227/pys.num60-18865>
16. Christensen, C. (2009). Risk and school science education. *Studies in Science Education*, 45(2), 205–223. <https://doi.org/10.1080/03057260903142293>
17. Clements, D. H. (2014). Design experiments and curriculum research. In *Handbook of design research methods in education* (pp. 428-440). Routledge.
18. Cobb, P., & Gravemeijer, K. (2014). Experimenting to support and understand learning processes. In *Handbook of design research methods in education* (pp. 86-113). Routledge.
19. Collins, A. (1992). Toward a design science of education. In E. Scanlon & T. O'Shea (Eds.), *New directions in educational technology* (pp.15- 22). Berlin: SpringerVerlag.
20. Confrey J. (2006). The Evolution of Design Studies as Methodology. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. pp. 135-152.
21. Dos Santos, W. L. P. (2009). Scientific literacy: A Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93, 361–382. <https://doi.org/10.1002/sce.20301>
22. Cresswell, J. (2013). *Qualitative inquiry & research design: Choosing among five approaches*.
23. Duranti, A., & Goodwin, C. (Eds.). (1992). *Rethinking context: Language as an interactive phenomenon*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
24. Ebenezer, J. (2013). Social justice pedagogy for all science learners. *Studies in Science Education*, 49, 252–264. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802461>
25. Galloway, S. (2012). Reconsidering emancipatory education: Staging a conversation between Paulo Freire and Jacques Rancière. *Educational theory*, 62(2), 163-184. <https://doi.org/10.1111/j.1741-5446.2012.00441.x>
26. Gómez-Barrera, A. (2021). Formación ciudadana en Colombia: balance de la cuestión, retos y tensiones. *Praxis*, 17(1), 99-110. <https://doi.org/10.21676/23897856.4040>
27. Gilbert, J. K. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International journal of science education*, 28(9), 957-976. <https://doi.org/10.1080/09500690600702470>



28. Hodson, D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645-670. <https://doi.org/10.1080/09500690305021>
29. Hodson, D. (2010). Science education as a call to action. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 10, 197-206. <https://doi.org/10.1080/14926156.2010.504478>
30. Hodson, D. (2011). *Looking to the future*. Springer Science & Business Media.
31. Horlacher, R. (2012). What is Bildung? or why Pädagogik cannot get away from the concept of Bildung. In P. Siljander, A. Kivelä, & A. Sutinen (Eds.), *Theories of Bildung and growth* (pp. 135–147). Rotterdam: Sense.
32. Jickling, B., y Wals, A. E. J. (2008). Globalization and environmental education: Looking beyond sustainable development. *Journal of Curriculum Studies*, 40(1), 1–21.
33. Karplus, R., & Thier, H. D. (1967). *A new look at elementary school science: Science curriculum improvement study*. (No Title).
34. Klafki, W. (2000). The significance of classical theories of Bildung for a contemporary concept of Allgemeinbildung. In I. Westbury, S. Hopmann, & K. Riquarts (Eds.), *Teaching as a reflective practice: The German Didaktik tradition* (pp. 85–108). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
35. Krippendorff, K. (2018). *Content analysis: An introduction to its methodology*. Sage publications.
36. Lewinson, M., Flint, A. S., & Van Sluys, K. (2002). Taking on critical literacy: The journey of newcomers and novices. *Language Arts*, 79, 382–392. <https://doi.org/10.58680/la2002255>
37. Marks, R., Stuckey, M., Belova, N., & Eilks, I. (2014). The societal dimension in German science education— From tradition towards selected cases and recent developments. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 10, 285–296. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.1083a>
38. Nordenbo, S. E. (2002). Bildung and the thinking of Bildung. *Journal of Philosophy of Education*, 36, 341–352.
39. Norris, S., & Phillips, L. M. (2015). Scientific literacy: Its relationship to 'literacy'. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 947–950). Dordrecht: Springer.
40. Reichenbach, R. (2016). "The source of learning is thought" reading the Chin-ssu lu (近錄) with a "Western Eye". *Educational Philosophy and Theory*, 48, 36–51.
41. Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S. K. Abell & N. G. Lederman (Eds.), *Handbook of research on science education* (pp. 729–780). Mahwah: Lawrence Erlbaum.

42. Roberts, D. A. (2011). Competing visions of scientific literacy: The influence of a science curriculum policy image. In C. Linder, L. Östman, D. A. Roberts, P.-O. Wickman, G. Erickson, & A. MacKinnon (Eds.), *Exploring the landscape of scientific literacy* (pp. 11–27). London: Routledge.
43. Ruitenbergh, C. W. (2009). Educating political adversaries: Chantal Mouffe and radical democratic citizenship education. *Studies in Philosophy and Education*, 28, 269–281. <https://doi.org/10.1007/s11217-008-9122-2>
44. Sadler, T. D. (2009). Situated learning in science education: Socio-scientific issues as contexts for practice. *Studies in Science Education*, 45, 1–42. <https://doi.org/10.1080/03057260802681839>
45. Santos, W. (2009). Scientific literacy: a Freirean perspective as a radical view of humanistic science education. *Science Education*, 93(2), 361–382. <https://doi.org/10.1002/sce.20301>
46. Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.
47. Schulz, R. M. (2009). Reforming science education: Part I. The search for a philosophy of science education. *Science & Education*, 18, 225–249. <https://doi.org/10.1007/s11191-008-9167-1>
48. Schwartz, Y., Weizman, A., Fortus, D., Krajcik, J. & Reiser, B. (2008). Middle School Science Curriculum: Coherence as a Design Principle. A paper presented at the annual meeting of the National Association of Research in Science Teaching, March, 2008 Baltimore.
49. Simonneaux, L. (2014a). Questions socialement vives and socio-scientific issues: New trends of research to meet the training needs of postmodern society. In C. Bruguère, A. Tiberghien, & P. Clement (Eds.), *Topics and trends in current science education* (pp. 37–54). Dordrecht: Springer.
50. Simonneaux, L. (2014b). From promoting the techno-sciences to activism – A variety of objectives involved in the teaching of SSIs. In L. Bencze & S. Alsop (Eds.), *Activist science and technology education* (pp. 99–111). Dordrecht: Springer.
51. Sjöström, J. (2013). Towards Bildung-oriented chemistry education. *Science & Education*, 22, 1873–1890. <https://doi.org/10.1007/s11191-011-9401-0>
52. Sjöström, J., & Eilks, I. (2018). Reconsidering different visions of scientific literacy and science education based on the concept of Bildung. Cognition, metacognition, and culture in STEM education: Learning, teaching and assessment, 65-88. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-319-66659-4_4)
53. Sjöström, J., Frerichs, N., Zuin, V. G., & Eilks, I. (2017). Use of the concept of Bildung in the international science education literature, its potential, and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 53(2), 165-192. <https://doi.org/10.1080/03057267.2017.1384649>
54. Sjöström, J., Rauch, F., & Eilks, I. (2015). Chemistry education for sustainability. In I. Eilks & A. Hofstein (Eds.), *Relevant chemistry education* (pp. 163–184). Rotterdam: Sense.

55. Ståhl, M., & Hussénus, A. (2017). Chemistry inside an epistemological community box! Discursive exclusions and inclusions in Swedish National tests in Chemistry. *Cultural Studies of Science Education*, 12, 395–423. <https://doi.org/10.1007/s11422-016-9730-z>
56. Stolz, M., Witteck, T., Marks, R., & Eilks, I. (2013). Reflecting socio-scientific issues for science education coming from the case of curriculum development on doping in chemistry education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technological Education*, 9, 273–282. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2014.945a>
57. Taylor, C. A. (2017). Is a posthumanist Bildung possible? Reclaiming the promise of Bildung for contemporary higher education. *Higher Education*, 74, 419–435. <https://doi.org/10.1007/s10734-016-9994-y>
58. Väkevä, L. (2012). Experiencing growth as a natural phenomenon: John Dewey's philosophy and the Bildung tradition. In P. Siljander, A. Kivelä, & A. Sutinen (Eds.), *Theories of Bildung and growth* (pp. 261–279). Rotterdam: Sense.
59. Vásquez-Levy, D. (2002). Bildung-centred Didaktik: a framework for examining the educational potential of subject matter. *Journal of Curriculum Studies*, 34, 117–128. <https://doi.org/10.1080/00220270110056581>
60. Von Humboldt, W. (2000). Theory of Bildung. In I. Westbury, S. Hopmann, & K. Riquarts (Eds.), *Teaching as a reflective practice: The German Didaktik tradition* (pp. 57–62). Mahwah: Lawrence Erlbaum.
61. Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development*, 53(4), 5-23. <https://doi.org/10.1007/BF02504682>
62. Yin, R. K. (2003). Design and methods. *Case study research*, 3(9.2), 84.
63. Zeidler, D. (2015). Socioscientific issues. In R. Gunstone (Ed.), *Encyclopedia of science education* (pp. 998–1003). Dordrecht: Springer.
64. Zuin, V. G., & Pacca, J. L. A. (2013). Formação docente em Química y ambientación curricular: Estudio de caso em uma instituição de enseñanza brasileira [Formation of teachers in chemistry and curricular environmentalization: A case study in a tertiary education institution in Brazil]. *Enseñanza de las Ciencias*, 31, 77–91 (in Portuguese).