

Conocimiento didáctico del contenido en contextos ambientales: estado de la cuestión respecto a su configuración

Adriana Carolina Herrera-López 

Departamento de didácticas integradas, Universidad de Huelva. España.

adrianacarolina.herrera532@alu.uhu

Bartolomé Vázquez-Bernal 

Departamento de didácticas integradas, Universidad de Huelva. España.

bartolome.vazquez@ddcc.uhu.es

María Ángeles De las Heras-Pérez 

Departamento de didácticas integradas, Universidad de Huelva. España.

angeles.delasheras@ddcc.uhu.es

Laísa María Freire Dos Santos 

Departamento de Ecología, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Brasil. laisa@ufrj.br

[Recibido: 16 septiembre 2025, Revisado: 09 octubre 2025, Aprobado: 20 enero 2026]

Resumen: Este artículo aborda la configuración del Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC) en contextos ambientales, proponiendo una ampliación del constructo tradicional desde marcos teóricos contemporáneos. El estudio se sustenta en un estado de la cuestión desarrollado a partir de un análisis bibliométrico y conceptual de literatura científica en bases de datos internacionales. Como resultados, se identifican tres dimensiones que pueden enriquecer el CDC ambiental, estos son, la construcción colectiva del conocimiento del profesorado, en la que se resalta el trabajo colaborativo y entre pares; el papel estructurante del contexto, entendido como condicionante de la enseñanza, pero también como medio de aprendizaje; y la mediación ejercida por amplificadores y filtros en la práctica educativa. Estas dimensiones permiten comprender el CDC como un conocimiento colaborativo y situado, atravesado por factores que evidencian la complejidad y dinamismo de los procesos educativos. En este marco, el artículo argumenta la pertinencia del Modelo del Consenso Refinado como herramienta analítica y contribuye al fortalecimiento de propuestas formativas orientadas a una educación crítica, sensible, transformadora y territorialmente anclada.

Palabras clave: Educación Ambiental; Estado de la cuestión; Formación Docente; Modelo del Consenso Refinado.

Pedagogical content knowledge in environmental contexts: state of the art on its configuration

Abstract: This article addresses the configuration of Pedagogical Content Knowledge (PCK) in environmental contexts and proposes an expansion of the traditional construct from contemporary theoretical frameworks. The study is based on a state-of-the-art approach developed from a bibliometric and conceptual analysis of scientific literature in international databases. As a result, three dimensions are identified that can enrich environmental PCK: the collective construction of teacher knowledge, which emphasises collaborative and peer work; the structuring role of context, understood as a condition of teaching but also as a means of learning; and the mediation exercised by amplifiers and filters in educational practice. These dimensions allow us to understand PCK as collaborative and situated knowledge, influenced by factors that highlight the complexity and dynamism of educational processes. Within this framework, the article argues for the relevance of the Refined Consensus Model as an analytical tool and contributes to strengthening training proposals for critical, sensitive, transformative, and territorially anchored education.

Keywords: Environmental Education; State of the art; Teacher training; Refined Consensus Model.

Para citar este artículo: Herrera-López, A. C., Vázquez-Bernal, B., De las Heras-Pérez, M. A. y Freire Dos Santos, L. M. (2026) Conocimiento didáctico del contenido en contextos ambientales: estado de la cuestión respecto a su configuración. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 23(1), 1604. http://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2026.v23.i1.1604

Marco teórico

Lee Shulman (1987) es reconocido por desarrollar el concepto de Conocimiento Didáctico del Contenido (CDC - PCK por sus siglas en inglés). Este constructo asociado a la profesión docente ha sido ampliamente investigado y a su vez, difícil de comprender (Becerra et al., 2022), pues no existe una manera única de describirlo (Buma y Sibanda, 2022) dadas las complejidades de la práctica educativa. En los últimos años, se ha hecho un esfuerzo por afinar las formas en las que se investiga el conocimiento de los profesores, tratando de cubrir los desafíos que implica.

De acuerdo con Aydın y Turhan (2023), el CDC se define como el uso de formaciones, analogías, ilustraciones, ejemplos, explicaciones y demostraciones para favorecer la comprensión. Desde la visión de Stasinakis y Athanasiou (2016), este podría describirse como un compuesto de tres categorías de conocimiento: materia, pedagogía y contexto. Desde la perspectiva de Melo Niño et al. (2017), es un conocimiento dinámico con su propia estructura, fuentes, componentes, naturaleza y filtros; los citados autores lo clasifican en tres niveles: declarativo, de diseño y de acción, en otras palabras, lo que el docente piensa, planifica y hace en la enseñanza. Otros investigadores de manera similar hablan de un CDC declarativo y un CDC procedimental (Larraín et al., 2022), es decir, lo que se planifica y lo que se realiza.

Para examinar el CDC de los profesores se han formulado diversas estructuras, la más reciente es el Modelo del Consenso Refinado (MCR) (Carlson y Daehler, 2019). Este se desarrolla a partir de los planteamientos de investigadores como, Shulman (1986); Magnusson et al. (1999) y Ges-Newsome (2015). Se configura como una serie de círculos concéntricos, debido a que se identificó como la mejor forma para explicar la complejidad de las relaciones entre los componentes del CDC, teniendo en cuenta que el conocimiento del profesor dependía de otros cuerpos de conocimiento. En este modelo, los profesores y estudiantes se encuentran en el centro, reflejando la atención en el acto de la enseñanza de la ciencia, además refuerza el valor del razonamiento pedagógico y la naturaleza dinámica del CDC en acción.

En este modelo, se integran diversos componentes del CDC tradicional, pero también se presta atención a elementos clave que aportan a los desafíos actuales de la educación. El primero de ellos, es la visión de colectividad que resulta de una base de conocimientos especializados generados colaborativamente para la enseñanza; el segundo, es el contexto de aprendizaje, asumido desde una perspectiva amplia, en la que se involucra a los alumnos y a un entorno de aprendizaje específico. Este se sitúa como una capa entre el conocimiento y la práctica propia de los profesores; y se mantiene unido por las bases de conocimiento profesional; y el tercero, son los amplificadores y filtros, que aparecen por primera vez en el modelo propuesto por Gess-Newsome (2015) y se integra al MCR como aquellos factores subyacentes que pueden influir en la manera como se concreta el ejercicio de enseñanza y aprendizaje.

En el marco del conocimiento docente, publicaciones recientes han abierto debates a la luz del CDC en Educación Ambiental (EA), siendo necesario pensar caminos que posibiliten configurar y evaluar el conocimiento de los profesores en torno a las cuestiones

ambientales. Desde los planteamientos de Parga-Lozano (2024), surgen elementos de alto valor para reflexionar en torno al diálogo entre el conocimiento científico y el conocimiento ambiental, que buscan la interacción de la enseñanza de las ciencias y ambiental como un complejo CDC emergente, llamado CDC Científico Ambientalizado o CDC-CA. De esta manera, la educación científica está siendo llamada a transformaciones que posibiliten mejorar los vínculos con las realidades de los estudiantes y su relación con el planeta.

El CDC en EA debe ser un conjunto de diseño, acción, saber atravesado por la reflexión. Según Parga-Lozano (2024) el CDC-CA debe tener la didáctica ambiental (Mora, 2023) como campo disciplinar, que además de contenidos de enseñanza, debe involucrar, las dimensiones social, cultural, ética, económica y política, permitiendo así la comprensión de los problemas reales del mundo y favorezca un aprendizaje situado, que se apoya en lo local y se entienda más que como un contenido disciplinar, un contenido vivo (Parga, 2019).

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio examina el estado de la cuestión del CDC en contextos ambientales con el propósito de identificar los aportes conceptuales que contribuyen a la configuración de un CDC ambiental, reconociendo su carácter situado, colaborativo y atravesado por dimensiones afectivas, éticas y territoriales. La investigación se apoya en marcos teóricos contemporáneos del CDC y propone una ampliación del constructo, atendiendo a los desafíos de la crisis ambiental y a la necesidad de fortalecer la formación docente en clave emancipadora. Para ello, se proponen las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el estado de la cuestión en torno al CDC en el contexto ambiental?
- ¿Qué tipos de aportes conceptuales emergen a partir del conjunto de estudios seleccionados para la configuración de un CDC ambiental?

Método

Para responder a las preguntas de investigación del presente estudio, se realizó un estado de la cuestión sobre el CDC en contextos ambientales, que integra no solo análisis bibliométricos, sino conceptuales. Esta integración permite mapear la producción académica reciente, sus enfoques, modelos y tendencias, así como identificar aportes teóricos relevantes. De esta manera, el trabajo articula una doble lectura; por un lado, la caracterización general del campo mediante indicadores bibliométricos y por otro, el análisis interpretativo de los conceptos que contribuyen a configurar el CDC ambiental.

El proceso se llevó a cabo mediante un ejercicio riguroso de revisión de literatura especializada inspirado en los principios del enfoque PRISMA (Page et al., 2021), el cual se desarrolla en cuatro fases: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. La búsqueda del corpus de estudios empíricos se realizó en tres bases de datos internacionales: Web Of Science (WOS), SCOPUS y Education Resources Information Center (ERIC). Estas fueron elegidas por su amplio reconocimiento (WOS y SCOPUS) y su relevancia en el campo de la educación (ERIC).

Para la identificación de los estudios se empleó una estrategia de búsqueda basada en tesauros vinculados a la EA y al CDC. La ecuación de búsqueda combinó los términos: *(PCK or CDC) and (climate literacy or climate education or environmental education or environmental literacy sustainability or sustainability) and teacher*. Aunque se desarrolló una ecuación que posibilita la replicabilidad del estudio, se reconoce que la escala temporal y la actualización de las bases de datos pueden generar variaciones en los resultados, razón

por la cual, es importante interpretar la información con cuidado (Marrero Galván y González Pérez, 2023).

Posteriormente, se establecieron los criterios de inclusión y de exclusión para la selección de los manuscritos.

Criterios de inclusión:

- Periodo de las investigaciones entre 2014-2024.
- Las investigaciones se centran en el CDC de los profesores en torno a cuestiones ambientales.
- Los participantes de las investigaciones incluyen profesores en formación y/o profesores en servicio de diferentes niveles educativos.

Criterios de exclusión:

- Artículos de discusión.
- Revisiones sistemáticas de la literatura.
- Artículos centrados en la validación de instrumentos de recogida de datos.
- No aborda el CDC.

A partir del procedimiento descrito, en la fase de identificación se recuperaron 174 manuscritos mediante la aplicación de los tesauros en las bases de datos seleccionadas. En la fase de cribado, el análisis de títulos, resúmenes y palabras clave condujo a la exclusión de 144 publicaciones, equivalentes al 82,7 % del total inicial. Posteriormente, en la fase de elegibilidad, se revisaron 30 textos completos, de los cuales se excluyeron nueve (30 %). Finalmente, en la fase de inclusión, se seleccionaron 21 estudios, los cuales conformaron el corpus definitivo de análisis y sobre los que se presentan los resultados del estudio. La Figura 1 presenta de manera sintética el procedimiento seguido para la selección de los manuscritos.

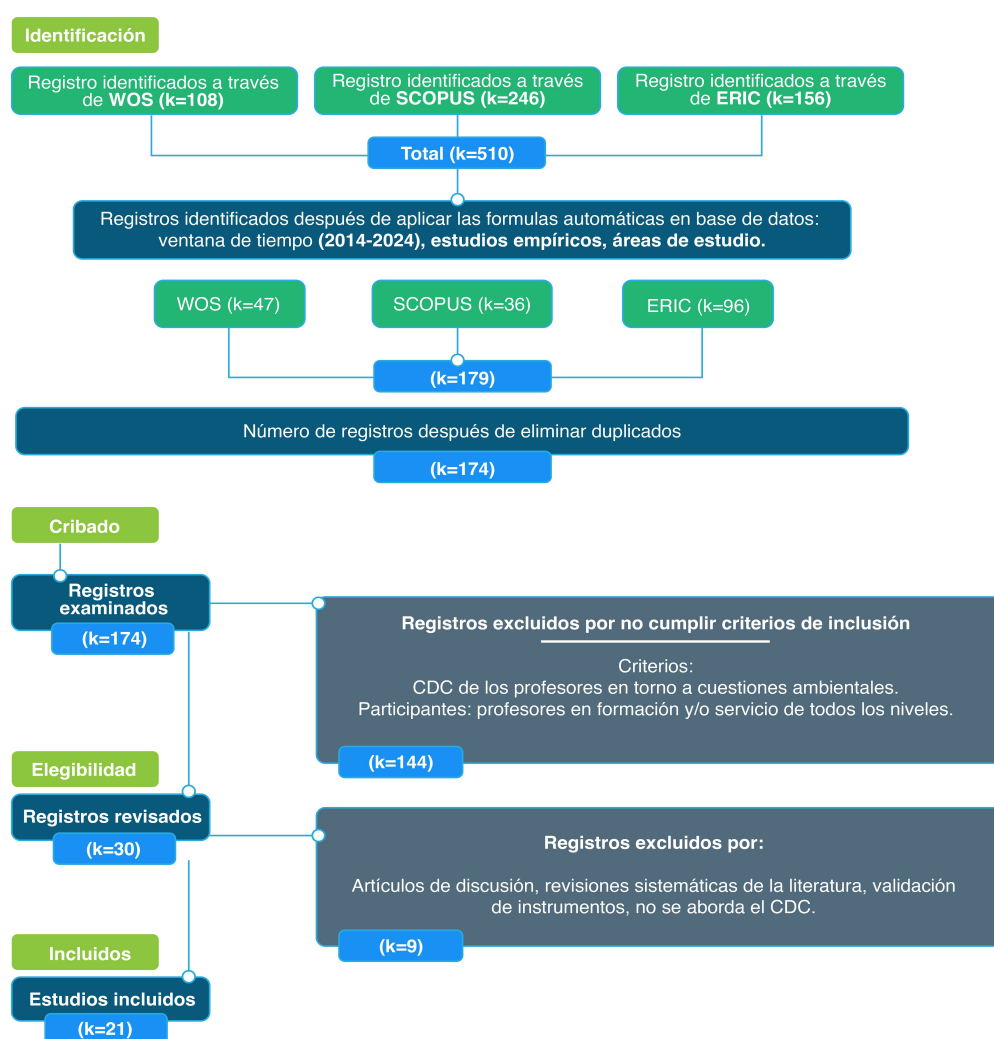


Figura 1. Proceso de selección de los manuscritos aplicando el método PRISMA.

Teniendo en cuenta las preguntas y criterios de selección, se propuso un sistema de categorías que orientó la búsqueda y análisis de la información; en la Tabla 1 se presenta en conjunto con las variables e indicadores.

Tabla 1. Características del profesorado participante según edad, formación y tipo de institución educativa.

Número	Categoría	Variable	Indicador
1	Características bibliométricas y contextuales de los estudios.	Tipo de publicación Revistas de publicación Nro. de publicaciones por año Distribución geográfica Contexto educativo Tipo de participantes Enfoque de investigación Contenidos asociados a la EA Modelo del CDC empleado	Mapeo de aspectos generales de los manuscritos que posibiliten tener una visión inicial en torno a las producciones académicas.
2	Aportes conceptuales a las dimensiones del CDC en contextos ambientales.	Aportes a la configuración del CDC en torno a cuestiones ambientales.	Aportes al constructo del CDC ambiental.

Resultados

Para responder a las categorías de investigación, se presentará inicialmente la información general del corpus de estudios que fueron incluidos, de esta manera, se tendrá un apartado que responde a la categoría-1 y un segundo momento para la categoría-2.

Categoría 1. Características bibliométricas y contextuales de los estudios

Siguiendo el orden de las variables propuestas para esta categoría, se encontró que el tipo de publicación más frecuente fue el artículo académico (Figura 2a). En cuanto a las revistas identificadas, la mayoría registró una publicación (5,56% cada una); solo Environmental Education Research presentó un valor diferente (Figura 2b).

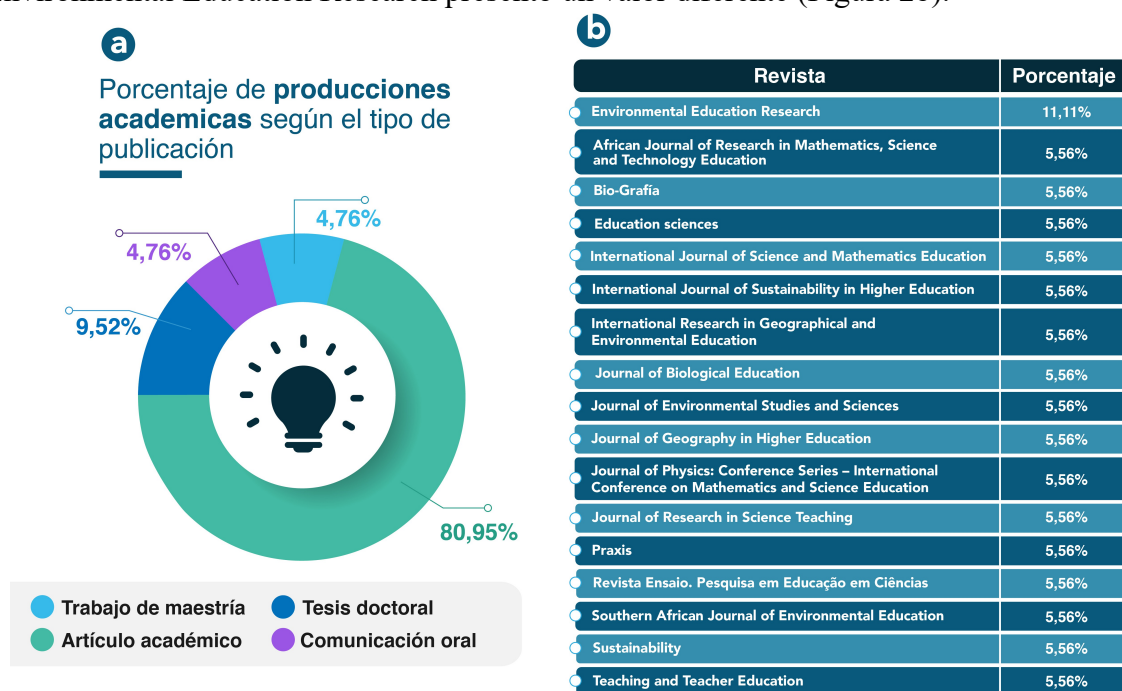


Figura 2. Publicaciones identificadas. En la Figura 2a se muestra el tipo de producción académica, mientras que en la Figura 2b, se visualizan las revistas en las que se han realizado dichas publicaciones.

Con respecto a las producciones académicas según el año y la distribución geográfica, se pudo identificar que el 2017 y el 2023 fueron los más activos (Figura 3a). Por su parte, Estados Unidos fue el país con mayor número de publicaciones, con tres manuscritos equivalentes al 14,3 %. Asimismo, se destaca la presencia de estudios provenientes de Suramérica, específicamente de Colombia (dos publicaciones) y Brasil (una publicación), considerando que la producción académica de esta región tiene una baja representación en bases de datos internacionales (Figura 3a).

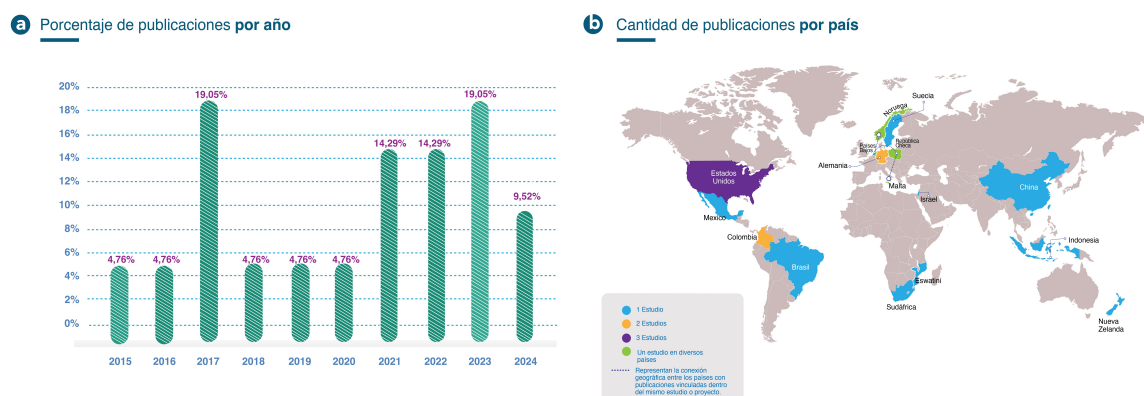


Figura 3. Reporte de producciones académicas de acuerdo con el año y el país. La Figura 3a presenta el porcentaje por año, mientras que en la Figura 3b se visualizan los países donde se registraron las publicaciones revisadas.

En cuanto al contexto educativo, se identificó un número significativo de publicaciones centradas en el nivel de educación secundaria (Figura 4a). También se observó que una buena parte de los estudios que abordan el constructo adoptan una orientación cualitativa, lo cual coincide con las tendencias metodológicas del campo. No obstante, se encontraron investigaciones que incorporan herramientas cuantitativas y enfoques mixtos, lo que evidencia un interés por alcanzar complementariedad metodológica en la producción de conocimiento (Figura 4b). Respecto al tipo de participantes, el profesorado en servicio fue el grupo más representativo en las investigaciones analizadas (Figura 4c).

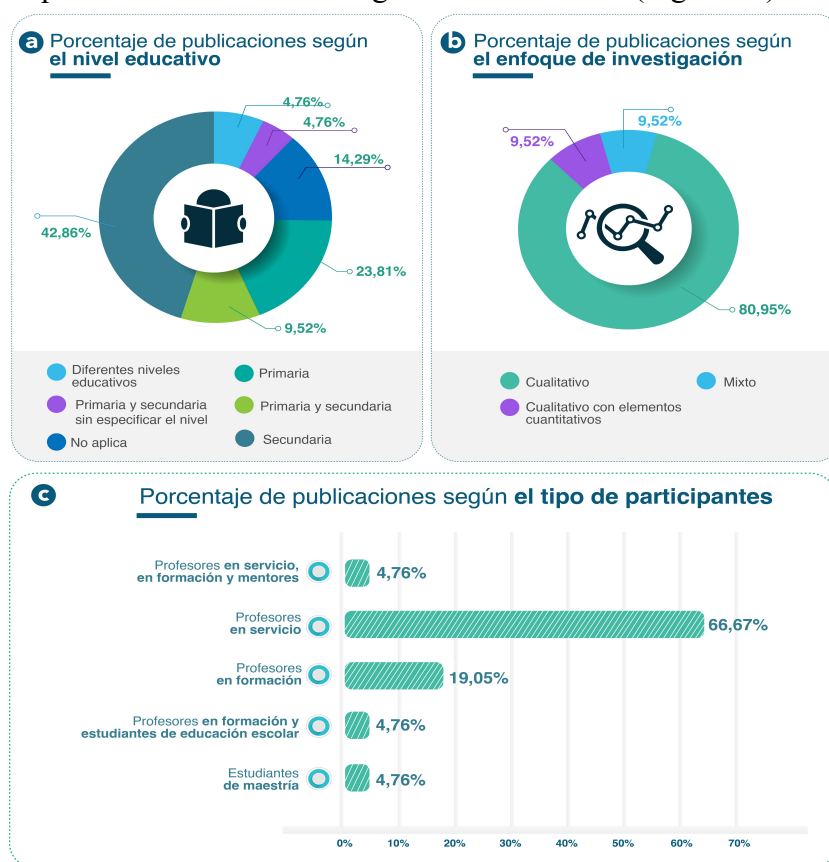


Figura 4. Porcentaje de publicaciones según el contexto educativo, el enfoque de investigación y el tipo de participantes. La Figura 4a presenta el nivel educativo en el que se desarrollan las investigaciones, la figura 4b, el enfoque empleado; por su parte, la Figura 4c, presenta el tipo de participantes.

Dos aspectos importantes de este estudio se centraron, por un lado, en identificar los modelos de CDC utilizados para investigar el conocimiento docente, y por el otro, en reconocer los asuntos ambientales que están siendo abordados desde la didáctica de las ciencias. En relación con el primer aspecto, se evidenció que el Modelo del Consenso Refinado (MCR) propuesto por Carlson y Daehler (2019) ha ganado fuerza en los últimos años, posicionándose como uno de los marcos más empleados para analizar cuestiones ambientales en el ámbito educativo (Figura 5a).

Fue posible distinguir dos núcleos temáticos que organizan conceptualmente las preocupaciones predominantes en la literatura examinada (Figura 5b). El primero agrupa estudios centrados en fenómenos concretos que requieren conocimientos disciplinarios o interdisciplinarios —como la química verde, el reciclaje de residuos plásticos, el cambio climático o el agua en los sistemas ambientales—, los cuales se consideran clave para el desarrollo del CDC en contextos ambientales. El segundo conjunto, reúne investigaciones que abordan nociones amplias, transversales y orientadoras, vinculadas con los fundamentos axiológicos y políticos de la EA —como la sostenibilidad, la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS), la EA, el desarrollo sostenible y la sostenibilidad ambiental—.

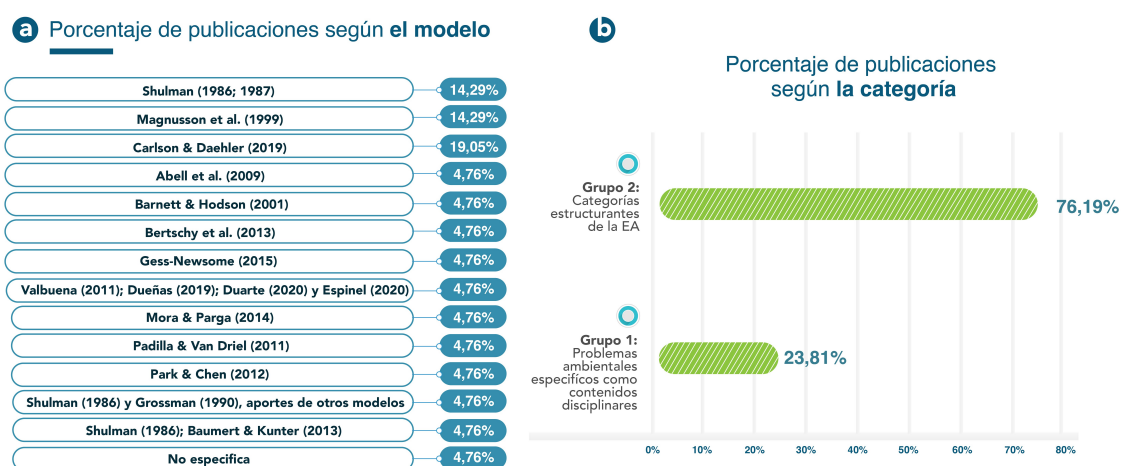


Figura 5. Modelos del CDC y asuntos ambientales abordados en la muestra de publicaciones. En la Figura 5a se presentan los modelos a partir de los cuales se analiza el constructo del CDC. La Figura 5b presenta dos grandes grupos en los cuales se categorizan los contenidos que se abordan en los manuscritos.

Categoría 2. Aportes conceptuales a las dimensiones del CDC en contextos ambientales

Aunque el corpus de estudios brinda aportes para conceptualizar las dimensiones tradicionales del CDC, se pone énfasis en una configuración teórica del CDC ambiental profundizando en tres dimensiones interdependientes: el CDC colectivo como soporte colaborativo, el contexto como eje articulador de sentido y los amplificadores y filtros como mecanismos de modulación práctica. Estos aspectos no solo enriquecen la comprensión del CDC, sino que permiten visibilizar cómo la enseñanza de lo ambiental exige marcos más dinámicos, flexibles y contextualmente anclados. El propósito de este artículo no es reemplazar la estructura clásica del CDC o del CDC-CA, sino reconocer y resaltar estos elementos como aportes que amplían el horizonte del constructo cuando se traslada al campo de la EA.

El CDC colectivo como respuesta a la complejidad de las cuestiones ambientales

Dada la complejidad e interdependencia de las cuestiones ambientales, se requieren enfoques inter y transdisciplinarios que fomenten el diálogo entre conocimientos y disciplinas. En este contexto, el CDC colectivo adquiere relevancia como una construcción compartida entre docentes que planifican, reflexionan y diseñan en conjunto. Favier et al. (2021) evidencian que la colaboración docente en torno a la enseñanza del cambio climático es altamente valorada, especialmente en la fase de planificación y

retroalimentación, mientras que Forsler et al. (2023) destacan su papel en la construcción de conciencia sobre los temas estructurantes de la EA.

La concepción de la EA como eje transversal en muchos sistemas educativos refuerza la necesidad de prácticas pedagógicas articuladas. Suh y Park (2017) y Stouthart et al. (2023) subrayan que las comunidades de aprendizaje fortalecen el CDC colectivo, al generar espacios de diálogo y co-construcción pedagógica frente a cuestiones ambientales. No obstante, persisten barreras estructurales. Quiroga (2021) advierte que el diseño microcurricular, potencialmente enriquecedor, suele desarrollarse de forma individual, lo que obstaculiza el trabajo interdisciplinario y colaborativo. Superar esta limitación implica transformar las culturas escolares para valorar la reflexión conjunta y el diseño compartido de propuestas educativas con sentido ambiental.

Stouthart et al. (2023) y Forsler et al. (2024) destacan que los recursos colaborativos permiten a los docentes expresar y desarrollar su CDC mediante el aprendizaje mutuo. Esta dimensión social del conocimiento resulta clave al adaptar el modelo de CDC, originado en la enseñanza de las ciencias, a las construcciones teórico-prácticas de la EA. Las investigaciones revisadas coinciden en valorar el CDC colectivo como un marco ampliado, dialógico y colaborativo, necesario para enfrentar la complejidad ambiental.

Park (2019) sostiene que la experiencia compartida es esencial para el desarrollo del CDC, ya que se construye desde lo personal y lo colectivo. Groening (2022) complementa esta idea al afirmar que el CDC se enriquece a través de las interacciones pedagógicas entre pares. Así, el CDC colectivo no solo apoya la EA, sino que se proyecta como una vía estratégica para el desarrollo profesional docente, capaz de responder a los desafíos éticos, políticos y educativos de los problemas ambientales actuales.

El papel del contexto en el CDC docente

El contexto es un componente clave en la configuración del CDC, como lo muestra el modelo de Zhou (2015), quien lo representa como una esfera que envuelve el conocimiento del contenido, pedagógico y ambiental, integrando el entorno y los problemas reales que se viven en la escuela.

Se identifican dos enfoques sobre el contexto: como espacio de educación situada que conecta con realidades locales (Brandt et al., 2019; Cortés y Sá, 2017) y como conjunto de condiciones externas que influyen en el CDC del profesorado (Vatsha, 2016; Forsler et al., 2024). Desde la primera perspectiva, se resalta la importancia de articular las propuestas de EA con las particularidades del entorno socioambiental, el currículo y los niveles educativos (Castro-Salcido y Rivera-Núñez, 2020). Esto se vincula con el aprendizaje basado en el lugar (Sobel, 2013), considerado un punto de partida para una educación situada. Nahlik (2022) y Muñoz-Galván y Padilla (2024) lo identifican como metodología eficaz al emplear ejemplos contextualizados, que aumentan la comprensión científica y el compromiso estudiantil (Birdsall, 2015).

De manera complementaria, Cortés y Sá (2017) abogan por integrar el conocimiento comunitario como estrategia transformadora, mientras que Forsler et al. (2023) documentan el uso de la ciencia ciudadana para conectar contexto y enseñanza. Favier et al. (2021) destacan la inclusión del contexto local en el diseño de secuencias didácticas; y Cortés y Sá (2017) amplían la visión hacia una ciudadanía planetaria, reconociendo influencias socioculturales e históricas.

Desde la segunda perspectiva, se identifican como factores influyentes en el clima educativo, las condiciones del aula y las características del alumnado (Vatsha, 2016; Carlson y Daehler, 2019). Groening (2022) señala que estas condiciones influyen en la transferencia del CDC colectivo al CDC personal. Forsler et al. (2023) indican que el contexto puede funcionar como amplificador o filtro, orientando decisiones pedagógicas (Duarte y Valbuena, 2024). Peretz et al. (2023) plantean que un contexto significativo fortalece la práctica docente, mientras que su ausencia limita procesos como la evaluación.

Comprender esta doble dimensión del contexto permite avanzar hacia una visión más integral del CDC, especialmente en EA, donde el territorio, la comunidad y las realidades socioambientales son fundamentales en el proceso educativo. Ambas miradas, lejos de ser excluyentes, se complementan al mostrar cómo el entorno en sus diferentes dimensiones no solo condiciona las decisiones pedagógicas, sino que también ofrece oportunidades para construir propuestas didácticas contextualizadas, críticas y transformadoras.

Amplificadores y filtros en el CDC ambiental

Groening (2022) integra los amplificadores y filtros al MCR como elementos que median la transformación del CDC colectivo en CDC personal y su expresión en la práctica docente (CDC promulgado). A partir de las publicaciones analizadas, se identificaron condiciones estructurales, barreras pedagógicas y curriculares, dimensiones afectivas, creencias del profesorado y especificidades propias de la EA como factores que pueden actuar como amplificadores o filtros, incluso de forma ambivalente (Groening, 2023).

Entre los filtros estructurales se destacan la falta de tiempo para enseñar EA, implementar metodologías como la enseñanza al aire libre o participar en formación docente (Cheung et al., 2017); la escasez de recursos, el exceso de estudiantes por clase y las interrupciones escolares (Ruthanam et al., 2021; Groening, 2022). Vatsha (2016), desde la Teoría Histórico-Cultural de la Actividad, señala tensiones entre docentes y herramientas, normas restrictivas, ausencia de comunidades de práctica y liderazgo pedagógico, lo que genera tensiones que obstaculizan la implementación efectiva de la EA, restringe la colaboración entre pares y el uso de enfoques participativos en el aula. Timm y Barth (2021) identifican que las cargas burocráticas y la evolución de las rutinas escolares dificultan vínculos duraderos con los estudiantes. Además, programas de desarrollo profesional con baja sostenibilidad por falta de recursos, apoyo institucional o incentivos limitan el fortalecimiento docente (Vatsha, 2016).

Respecto a las barreras pedagógicas y curriculares, Groening (2023) expone cómo la percepción de lo abstracto en los contenidos científicos puede aumentar en los profesores los niveles de conciencia para concretar los conceptos científicos y la susceptibilidad hacia el conocimiento. Cortés y Sá (2017) y Peretz et al. (2023) muestran la dificultad de articular asuntos de EA al currículo de ciencias, incluso en docentes experimentados. Quiroga (2021) advierte que, aunque los docentes reconocen el cambio climático como un problema global, sus ideas suelen ser básicas, mediadas por experiencias cotidianas o medios de comunicación, lo que dificulta su enseñanza. Otros filtros están vinculados con la escasa formación en métodos de enseñanza atractivos, limitando la transición del CDC colectivo al CDC personal y reduciendo la enseñanza a transmisión de contenidos (Groening, 2023).

En la dimensión afectiva, los estudios mostraron que la motivación intrínseca impulsa a abordar problemas ecológicos y sociales (Timm y Barth, 2021), pero también puede condicionar la jerarquía de asignaturas (Ruthanam et al., 2021). En Alemania, por ejemplo,

la inclusión de la EDS depende de factores personales como pasión, autoeficacia o persistencia (Timm y Barth, 2021). Sin embargo, la sobrestimación o subestimación de capacidades también influye como amplificador y filtro (Handtke et al., 2022). Ruthanam et al. (2021) destacan que los métodos individuales del profesorado hacen de cada docente un recurso valioso para la EA, no solo por lo que sabe, también por cómo decide enseñar, por lo que la formación continua y el aprendizaje autodirigido resultan claves para ampliar el repertorio didáctico.

Finalmente, Quiroga (2021) subraya que muchos docentes abordan la EA desde una visión reduccionista, centrada en fenómenos naturales esperando cambios conductuales, sin la perspectiva crítica, ciudadana y transdisciplinar que esta exige. Esta limitación se agrava por la falta de formación para abordar la EA. Según la autora, la contemporaneidad de esta dimensión y asuntos asociados como el cambio climático, hace que aún no se reconozcan como campos didácticos consolidados, lo que genera prácticas fragmentadas o tecnocráticas, sin una verdadera reflexión ni una propuesta pedagógica sólida.

Los amplificadores y filtros operan como elementos para comprender la complejidad del tránsito entre el CDC colectivo y el CDC promulgado. Su carácter ambivalente, atravesado por factores estructurales, curriculares, afectivos y personales, evidencia que la enseñanza de lo ambiental no depende únicamente del conocimiento disponible, sino de las condiciones, creencias y capacidades que median su puesta en práctica. Reconocer estos mediadores permite identificar obstáculos y oportunidades para potenciar el desarrollo profesional docente desde una perspectiva más sensible, situada y transformadora. Así, integrar el análisis de los amplificadores y filtros en las propuestas formativas y curriculares constituye un paso fundamental para consolidar un CDC ambiental con mayor capacidad de respuesta frente a los desafíos socioecológicos contemporáneos.

Discusión

Dado que el objetivo del presente estudio fue analizar el estado de la cuestión del CDC en contextos ambientales desde una perspectiva tanto bibliométrica como conceptual, la discusión retoma ambos niveles de análisis para dar respuesta a las preguntas de investigación. A partir de los resultados obtenidos en el corpus empírico, se presenta a continuación, una discusión estructurada en torno a las dos categorías de análisis formuladas. Esta estructura permite interpretar los hallazgos a la luz de marcos teóricos actuales y destacar tanto los avances como los vacíos existentes en la literatura revisada.

Categoría 1. Características bibliométricas y contextuales de los estudios

La literatura examinada evidenció un creciente interés en investigar el CDC en el contexto ambiental, aunque persiste una alta dispersión temática y editorial. Pocos estudios se publican de forma recurrente en las mismas revistas, lo que sugiere la ausencia de una comunidad académica consolidada sobre CDC ambiental. Parga-Lozano (2024) y Mora (2023) vienen haciendo una propuesta interesante para que el conocimiento científico y ambiental dialoguen de una manera más articulada, apostando por un CDC-CA donde este campo emergente esté cada vez menos fragmentado.

A pesar de la alta vulnerabilidad ambiental de América Latina, se identifica una baja representación de producciones académicas. Esto plantea interrogantes sobre quién produce el conocimiento y desde qué contextos se conceptualiza el CDC. Bases de datos como SCOPUS, WOS y ERIC, aunque reconocidas, pueden generar sesgos regionales, excluyendo producciones relevantes de países como Brasil, con amplia tradición en

investigación en EA publicada en repositorios locales. Esta situación evidencia la necesidad de fortalecer una producción académica situada y crítica desde el Sur Global, así como de promover el reconocimiento internacional de las bases de datos regionales. Aunque existe una producción robusta, persisten brechas en la circulación del conocimiento, agravadas por sistemas editoriales rígidos, barreras idiomáticas y tradiciones epistemológicas dominantes poco sensibles a las realidades de este contexto.

Chan y Hume (2019) identifican un predominio de estudios cualitativos en el análisis del CDC entre 2008 y 2019. Sin embargo, la incorporación de métodos mixtos y herramientas cuantitativas, como en este corpus de publicaciones, aunque aún incipiente, refleja una apertura metodológica que enriquece el análisis mediante triangulación de datos y enfoques. Esta diversidad metodológica permite comprender de forma integral los contextos ambientales.

Respecto al nivel educativo y tipo de participantes, la mayoría de los estudios se centran en secundaria, lo cual destaca la necesidad de explorar la educación primaria, clave para el desarrollo temprano de competencias científicas (Acher, 2014). Asimismo, fue valioso encontrar investigaciones centradas en profesores en servicio, dado que las publicaciones previas se han enfocado en docentes en formación (Chan y Hume, 2019).

Los estudios revisados emplean diversos modelos para abordar el CDC en contextos ambientales, destacándose el MCR (Carlson y Daehler, 2019), el de Magnusson et al. (1999) y el enfoque fundacional de Shulman (1986; 1987). Aunque estos y los demás modelos que fueron identificados en los estudios comparten componentes esenciales, difieren en cómo abordan la complejidad contextual de los temas ambientales. Esta pluralidad muestra que ningún modelo basta por sí solo para abarcar las dimensiones ambientales y socioambientales, por lo que se requiere una integración de marcos diversos.

Mora (2023) enfatiza que la didáctica ambiental debe configurarse como un campo con epistemología propia, capaz de articular conceptos científicos y sociales con la experiencia cotidiana, incorporando dimensiones afectivas, éticas y políticas en los procesos de enseñanza (Calafell et al., 2015), como ya se ha mencionado, debe ser una didáctica que converse con otras y se complementen entre sí.

Categoría 2. Aportes conceptuales a las dimensiones del CDC en contextos ambientales

El contexto ambiental exige enfoques colaborativos que superen visiones individualistas de la enseñanza. En este marco, el CDC colectivo surge como una estrategia clave que promueve espacios de planificación, reflexión y acción conjunta entre docentes (Suh y Park, 2017), esenciales para abordar la complejidad de los problemas ambientales (Favier et al., 2021). Este enfoque favorece la transversalidad curricular y fortalece el desarrollo profesional a través del intercambio de conocimientos y la co-creación de propuestas con sentido contextual y transformador.

El contexto por su parte funciona como puente para el aprendizaje, especialmente desde una perspectiva de educación situada en EA. Esta visión conecta los contenidos escolares con el entorno del estudiante mediante metodologías activas. La didáctica de las ciencias ha abordado tradicionalmente el contexto como un conjunto de condiciones externas, tales como, recursos, clima institucional, características del estudiantado. En el caso del CDC ambiental, ambas interpretaciones resultan no solo pertinentes, sino complementarias. La primera aporta una dimensión pedagógica y vivencial que enriquece la enseñanza y se alinea con políticas públicas de EA donde se valoran las experiencias socioambientales

situadas en los territorios educativos (es el caso de Colombia, con la Ley 1549 de 2012, art. 8). Mientras que la segunda, ofrece una lectura estructural que permite entender las limitaciones y oportunidades reales de la práctica docente. Lejos de ser excluyentes, estas miradas convergen como elementos importantes para la toma de decisiones pedagógicas contextualizadas y pertinentes, posibilitando construir una EA crítica y transformadora, como lo proponen Cortés y Sá (2017).

Los amplificadores y filtros por su carácter ambivalente (Groening et al., 2023), condicionan la integración de contenidos ambientales en la práctica educativa. Influyen en la transición entre el CDC colectivo, personal y promulgado, incluyendo tanto factores estructurales como, tiempo, recursos, apoyo institucional; pero también factores subjetivos, como las creencias y la afectividad. Los hallazgos revelan su papel decisivo en la disposición del profesorado para abordar problemáticas ambientales, así como en la percepción de autoeficacia para integrarlas en el aula. La afectividad en la EA trasciende lo individual y se vincula con la relación sensible y ética con el entorno.

Algunos estudios señalan que el contexto puede operar como amplificador o filtro del aprendizaje no solo en términos físicos, sino también afectivos. En este sentido, Batres (2020) propone una comprensión del conocimiento racional que también sea sensible, articulando lo cognitivo, lo emocional y lo vivencial. De forma complementaria, De las Heras-Pérez et al. (2021) refuerzan esta perspectiva al destacar el papel de los espacios naturales protegidos como escenarios para promover la ciudadanía ambiental, al favorecer vínculos afectivos con el territorio.

Desde una mirada aún más profunda, Figueroa y Freiré (2025) defienden una educación en ciencias multiespecie y amorosa, basada en epistemologías ecológicas y afectivas que integran el corazón, el cuerpo, la diversidad de saberes y la cohabitación entre seres humanos y no humanos, como parte de un proceso ético, sensible y plural de construcción de conocimiento, orientado a imaginar y crear mundos más justos. Este enfoque permite reconocer el contexto como un escenario vivo que moviliza afectos y saberes.

La formación del profesorado merece ser destacada. Tanto las capacidades adquiridas como las características del ejercicio pedagógico convierten al profesor en un agente clave para la EA. Considerando que el CDC ambiental es aún un campo en construcción, es necesario fortalecer las capacidades docentes, entendiendo que son palancas clave para fomentar el cambio educativo (Stouthart et al., 2023). Esto invita a reflexionar sobre las siguientes preguntas: ¿cómo formar en CDC colectivo?, ¿cómo desarrollar sensibilidad hacia el contexto?, ¿cómo integrar los amplificadores y filtros en el currículo formativo? Responderlas exige promover un desarrollo profesional continuo y sistémico, en clave colaborativa (Vázquez-Bernal et al., 2019), que acompañe y transforme la práctica educativa de manera sostenida.

Con lo dicho hasta ahora, el presente estudio aporta elementos importantes para la configuración del CDC en contextos ambientales, que implican ir más allá de lo disciplinar y de las dinámicas del aula. Este se inscribe como punto de partida de un proyecto más amplio sobre el desarrollo del CDC sobre cambio climático, a partir de procesos de formación docente y prácticas pedagógicas situadas. Tres asuntos que emergen de este artículo y se convierten en piezas clave para la arquitectura teórica de dicho proyecto; primero, la necesidad de un diálogo continuo entre la didáctica de la ciencia y la didáctica ambiental, para favorecer procesos educativos integrales, donde la interdisciplinariedad sea un ejercicio real y efectivo para abordar problemas complejos como la crisis climática.

Segundo, la estructura tradicional del CDC sigue siendo fundamental para orientar su configuración, no obstante, las contribuciones de modelos más recientes permiten incluir componentes que amplían el horizonte conceptual del CDC y resultan importantes para avanzar hacia una comprensión más compleja e integral, en coherencia con las construcciones teórico-prácticas de la EA. Este estudio permite reconocer el papel del CDC colectivo, resaltando el diálogo entre disciplinas y pares académicos; reafirma el contexto entendido como una condición externa que no solo influye en las dinámicas del aula, también es una fuente activa de construcción de conocimientos; y los amplificadores y filtros como factores que inciden en la enseñanza, pero también con capacidad de conectar el acto educativo con el territorio.

Tercero, a partir de las ideas anteriores, el MCR se considera pertinente en el contexto ambiental. Desde esta mirada, la hipótesis de la complejidad (Vázquez-Bernal et al., 2019), refuerza la necesidad de asumir el CDC como un conocimiento dinámico, dialógico y contextual, que no puede reducirse a esquemas lineales o tecnocráticos y que implica un proceso de reflexión de la propia práctica. En coherencia, es necesario diseñar propuestas formativas orientadas a fortalecer las habilidades y conocimiento docente en escenarios tensionados por la crisis ecológica, que favorezcan procesos educativos conscientes, reales y aplicables.

Conclusiones

En el presente estudio se propuso examinar el estado de la cuestión del CDC en contextos ambientales a partir de dos preguntas de investigación: (1) ¿Cuál es el estado de la cuestión en torno al CDC en el contexto ambiental? y (2) ¿Qué tipos de aportes conceptuales emergen para su configuración? Los hallazgos muestran que este campo se encuentra en proceso de construcción, con importantes contribuciones que permiten resaltar tres dimensiones clave para el CDC ambiental; el carácter colectivo, la centralidad del contexto y el papel modulador de los amplificadores y filtros.

Autores como Zhou (2015) y Eames y Birdsall (2019) han hecho esfuerzos por acercar la dimensión ambiental al análisis del CDC. Sin embargo, este es un constructo emergente que aún demanda mayor desarrollo teórico y empírico. Aunque la didáctica de las ciencias ha ofrecido aportes significativos y constituye una base importante, se requiere avanzar hacia un CDC ambiental más robusto, que contemple las especificidades del conocimiento ambiental. Para ello, es necesario ajustar los modelos existentes a las exigencias propias de la EA y consolidar un enfoque que responda a su complejidad epistémica, política y emocional.

El CDC, tradicionalmente concebido desde una lógica cognitivista, debe repensarse desde una dimensión más profunda y sensible al integrarse con la EA, incorporando afectividad, ética y experiencia situada. Esta ampliación epistemológica complejiza su caracterización y presenta nuevos desafíos, pero también abre un campo fértil para fortalecer la EA como propuesta crítica, transformadora y contextualizada.

Este artículo analizó aportes conceptuales para avanzar en la configuración del CDC en contextos ambientales, priorizando hallazgos relevantes que pudiesen complementar esta perspectiva. No obstante, se encontraron resultados asociados a enfoques tradicionales del CDC, no tratados aquí, pero que serán difundidos en futuros espacios académicos.

Finalmente, aunque se utilizaron bases de datos reconocidas internacionalmente, esto pudo limitar la visibilidad de trabajos relevantes, especialmente en contextos latinoamericanos.

Ante la trayectoria investigativa de países como Brasil en EA, es necesario ampliar futuras búsquedas a repositorios regionales, con el fin de incorporar perspectivas más situadas y propias del Sur Global en el análisis del CDC en contextos ambientales.

Agradecimientos

La autora principal agradece al Banco Santander y a la Universidad de Huelva por el apoyo recibido a través de la bolsa de becas EPIT24 Santander-UHU: Ayudas de movilidad para estancias en el extranjero de estudiantes de Doctorado de la Universidad de Huelva (acción 5.8), así como a la Universidad Federal de Río de Janeiro por acogerla como espacio de estancia doctoral.

Declaración de autoría

Adriana Carolina Herrera-López: Conceptualización, Análisis formal, Investigación, Visualización, Escritura del borrador inicial. Bartolomé Vázquez-Bernal: Conceptualización, Análisis formal, Metodología, Validación, Redacción, revisión y edición. María Ángeles De las Heras-Pérez: Validación, Redacción, revisión y edición. Laís Maria Freire Dos Santos: Administración de proyectos, Validación, Redacción, revisión y edición.

Declaración responsable de uso de herramientas de Inteligencia Artificial

ChatGPT fue empleado para la traducción preliminar de algunos artículos del inglés al español, con el fin de facilitar su comprensión durante el proceso de análisis. Por su parte, Scispace fue utilizado como herramienta de apoyo para realizar un filtro inicial en la revisión sistemática, proporcionando resúmenes automáticos que orientaron sobre el contenido general de los artículos revisados.

Referencias bibliográficas

- Abell, S. K., Rogers, M. A., Hanuscin, D. L., Lee, M. H. y Gagnon, M. J. (2009). Preparing the next generation of science teacher educators: A model for developing PCK for teaching science teachers. *Journal of Science Teacher Education*, 20(1), 77–93. <https://doi.org/10.1007/s10972-008-9115-6>
- Acher, A. (2014). Cómo facilitar la modelización científica en el aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad Pedagógica Nacional*, (36), 63–75. <https://doi.org/10.17227/01213814.36ted63.75>
- Aydin, E. y Turhan, G. M. (2023). Exploring primary school teachers' pedagogical content knowledge in science classes based on PCK model. *Journal of Pedagogical Research*, 7(3), 70–99. <https://doi.org/10.33902/JPR.202318964>
- Barnett, J. y Hodson, D. (2001). Pedagogical context knowledge: Toward a fuller understanding of what good science teachers know. *Science Education*, 85(4), 426–453.
- Batres, Q. J. A. (2020). Educación ambiental en el lugar de interés y con la participación de las personas. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, (28), 106–124. <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4719>
- Baumert, J. y Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. En M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, y M. Neubrand (Eds.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers: Results from the COACTIV project* (pp. 25–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_2
- Becerra, B., Núñez, P., Vergara, C., Santibañez, D., Krueger, D. y Cofré, H. (2022). Developing an instrument to assess pedagogical content knowledge for evolution.

- Research in Science Education*, 53, 213–229. <https://doi.org/10.1007/s11165-022-10042-0>
- Bertschy, F., Künzli, C. y Lehmann, M. (2013). Teachers' competencies for the implementation of educational offers in the field of education for sustainable development. *Sustainability*, 5(12), 5067–5080. <https://doi.org/10.3390/su512506>
- Birdsall, S. (2015). Analysing teachers' translation of sustainability using a PCK framework. *Environmental Education Research*, 21(5), 753–776. <https://doi.org/10.1080/13504622.2014.933776>
- Brandt, J. O., Bürgener, L., Barth, M. y Redman, A. (2019). Becoming a competent teacher in education for sustainable development: Learning outcomes and processes in teacher education. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 20(4), 630–653. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-10-2018-0183>
- Buma, A. y Sibanda, D. (2022). In-service and pre-service science teachers' enacted pedagogical content knowledge about the particulate nature of matter. *Education Sciences*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/educsci12090576>
- Calafell, G., Bonil, J. y Junyent, M. P. (2015). ¿Es posible una didáctica de la educación ambiental? ¿Existen contenidos específicos para ello? *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental – REMEA*, (Edición especial), 31–54. <https://doi.org/10.14295/remea.v0i1.4987>
- Carlson, J. y Daehler, K. R. (2019). The refined consensus model of pedagogical content knowledge in science education. En A. Hume, R. Cooper, y A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 77–92). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_2
- Castro-Salcido, E. y Rivera-Núñez, T. (2020). Educación ambiental en la escuela primaria: Una experiencia de aprendizaje socioambiental situado. *CPU-e. Revista de Investigación Educativa*, (30), 35–59. <https://doi.org/10.25009/cpue.v0i30.2688>
- Chan, K. K. H. y Hume, A. (2019). Towards a consensus model: Literature review of how science teachers' pedagogical content knowledge is investigated in empirical studies. En A. Hume, R. Cooper, y A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 3–76). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_1
- Cheung, Y. T. Y., Chow, C. F. y So, W. W. M. (2017). A train-the-trainer design for green ambassadors in an environmental education programme on plastic waste recycling. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 27(1), 24–42. <https://doi.org/10.1080/10382046.2017.1285138>
- Cortés, J. L. P. y Sá, L. P. (2017). Conhecimento pedagógico do conteúdo no contexto da educação ambiental: Uma experiência com mestrados em ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 19, e2589. <https://doi.org/10.1590/1983-21172017190105>
- De las Heras-Pérez, M. Á., Vázquez-Bernal, B., Jiménez, P. R. y Jiménez Pérez, R. (2021). Environmental Citizenship Education through the Doñana, Biodiversity and Culture Program. *Sustainability*, 13(5), 2809. <https://doi.org/10.3390/su13052809>

- Duarte-Díaz, J. J. y Valbuena-Ussa, E. O. (2024). Didactic knowledge of environmental education content of a teacher in the school context. *Praxis*, 20(1), 13–31. <https://doi.org/10.21676/23897856.3871>
- Duarte, J. (2020). *Caracterización del conocimiento didáctico del contenido sobre educación ambiental de profesores de Bogotá, Colombia* [Tesis doctoral, Universidad Pedagógica Nacional].
- Dueñas, A. (2019). *El conocimiento didáctico del contenido de la alimentación y la nutrición humana en profesores de Bogotá* [Tesis doctoral, Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional].
- Eames, C. y Birdsall, S. (2019). Teachers' perceptions of a co-constructed tool to enhance their pedagogical content knowledge in environmental education. *Environmental Education Research*, 25(10), 1438–1453. <https://doi.org/10.1080/13504622.2019.1645445>
- Espinel, E. (2020). *Conocimientos sobre la biotecnología y didáctica del contenido de dos profesores de Bogotá: Un estudio de caso múltiple* [Tesis doctoral, Doctorado Interinstitucional en Educación, Universidad Pedagógica Nacional].
- Favier, T., Van Gorp, B., Cyvin, J. B. y Cyvin, J. (2021). Learning to teach climate change: Students in teacher training and their progression in pedagogical content knowledge. *Journal of Geography in Higher Education*, 45(4), 594–620. <https://doi.org/10.1080/03098265.2021.1900080>
- Figuerola, F. T. y Freire, L. (2025). Como e com quem conhecemos o mundo? Giros para uma educação em ciências multiespécie amorosa. *Sisyphus – Journal of Education*, 13(1), 154–175. <https://doi.org/10.25749/sis.38259>
- Forsler, A., Nilsson, P. y Walan, S. (2023). Collective pedagogical content knowledge for teaching sustainable development. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 22(6), 1197–1214. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10421-7>
- Forsler, A., Nilsson, P. y Walan, S. (2024). Teaching for sustainable development in vocational education. *Journal of Biological Education*, 59(2), 268–281. <https://doi.org/10.1080/00219266.2024.2320110>
- Gess-Newsome, J. (2015). A model to teach professional knowledge and skill including PCK. En A. Berry, P. Friedrichsen, y J. Loughran (Eds.), *Re-examining pedagogical content knowledge in science education* (pp. 28–42). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315735665>
- Groening, Z. (2022). *The effect of an intervention on experienced chemistry teachers' pedagogical content knowledge of environmental sustainability* [Disertación doctoral, University of Pretoria]. <https://repository.up.ac.za/handle/2263/89266>
- Groening, Z., Coetzee, C. y Mathabathe, K. (2023). Investigating the influence of an online intervention on the development of high school chemistry teachers' PCK about environmental sustainability. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 27(2), 155–168. <https://doi.org/10.1080/18117295.2023.2235104>

- Grossman, P. L. (1990). *The making of a teacher: Teacher knowledge and teacher education*. Teachers College Press.
- Handtke, K., Richter-Beuschel, L., y Boegeholz, S. (2022). Self-efficacy beliefs of teaching ESD: A theory-driven instrument and the effectiveness of ESD in German teacher education. *Sustainability*, 14(11). <https://doi.org/10.3390/su14116477>
- Larraín, A., Gómez, M., Calderón, M., Fortes, G., Ramírez, F., Guzmán, V. y Cofré, H. (2022). Descripción del conocimiento pedagógico del contenido de la argumentación en docentes que enseñan ciencias naturales en educación pública en Chile. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 19(1), 1602. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2022.v19.i1.1602
- Magnusson, S., Krajcik, J. S. y Borko, H. (1999). Nature, sources and development of pedagogical content knowledge for science teaching. En J. Gess-Newsome y N. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education* (pp. 95–132). Kluwer Academic Publishers. https://doi.org/10.1007/0-306-47217-1_4
- Marrero Galván, J. J. y González Pérez, P. (2023). Investigaciones sobre el uso de analogías en el aula de ciencias: Una revisión sistemática. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 20(1), 110101. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i1.1101
- Melo Niño, L., Cañada-Cañada, F. y Mellado, V. (2017). Exploring the emotions in pedagogical content knowledge about the electric field. *International Journal of Science Education*, 39(8), 1025–1044. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1313467>
- Mora, W. (2023). Articulación entre educación ambiental y educación en ciencias en escenarios de cambio global: Aportes a una educación resiliente pos-sostenibilidad desde una didáctica centrada en cuestiones ambientales. En D. L. Parga-Lozano, C. P. Zapata, y R. N. Tuay-Sigua (Eds.), *Educación en ciencias y matemáticas: Contextos, desafíos y oportunidades* (pp. 169–200). Universidad Pedagógica Nacional.
- Mora, W. M. y Parga, D. L. (2014). Aportes del CDC desde el pensamiento complejo. En W. M. Mora y D. L. Parga (Eds.), *Conocimiento didáctico del contenido: Una perspectiva iberoamericana* (pp. 102–146). Editorial académica.
- Muñoz-Galván, M. y Padilla, K. (2024). Pedagogical content knowledge about the sustainability of high school chemistry and biology teachers. *Journal of Environmental Studies and Sciences*. <https://doi.org/10.1007/s13412-024-00919-z>
- Nahlik, C. (2022). *Cultivating teacher expertise in the landscape of green chemistry: The development of pedagogical content knowledge in Beyond Benign's Lead Teacher Program* [Tesis de doctorado, University of Massachusetts Boston]. https://ecommons.luc.edu/luc_diss/3965
- Padilla, K. y Van Driel, J. H. (2011). The relationships between PCK components: The case of quantum chemistry professors. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(3), 367–378. <https://doi.org/10.1039/c1rp90043a>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., ... y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Parga-Lozano, D. L. (2024). Conocimiento didáctico del contenido ambientalizado: Diálogo entre didáctica de las ciencias y didáctica ambiental. *Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, 41(1), 10–31. <https://doi.org/10.14295/remea.v41i1.15821>
- Parga, D. L. (2019). *Conhecimento didático do conteúdo ambientalizado na formação inicial do professor de física na Colômbia* [Tesis de doctorado, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”]. <https://repositorio.unesp.br/items/9f88d5ed-3aa5-4ae0-82f8-1ccd952432e0>
- Park, S. (2019). Reconciliation between the refined consensus model of PCK and extant PCK models for advancing PCK research in science. En A. Hume, R. Cooper, y A. Borowski (Eds.), *Repositioning pedagogical content knowledge in teachers' knowledge for teaching science* (pp. 117–128). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-13-5898-2_4
- Park, S. y Chen, Y.-C. (2012). Mapping out the integration of the components of pedagogical content knowledge (PCK) for teaching photosynthesis and heredity. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(7), 922–941. <https://doi.org/10.1002/tea.21022>
- Peretz, R., Dori, D. y Dori, Y. J. (2023). Investigating chemistry teachers' assessment knowledge via a rubric for self-developed tasks in a food and sustainability context. *Education Sciences*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/educsci13030308>
- Quiroga, D. S. P. (2021). Conocimiento didáctico del contenido (CDC) del cambio climático: Una caracterización en torno al diseño y desarrollo profesional de docentes en ejercicio. En *Memorias del V Congreso Latinoamericano de Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 1–10). Universidad Distrital Francisco José de Caldas. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/biografia/article/view/16248>
- República de Colombia. (2012). *Ley 1549: Por medio de la cual se fortalece la institucionalización de la Política Nacional de Educación Ambiental y su incorporación efectiva en el desarrollo territorial* (Diario Oficial No. 48 482). <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=48262>
- Ruthanam, M., Reddy, P. y Pillay, D. (2021). Teachers' choices of teaching methods for environmental education: A case study of Life Skills teachers at a primary school in South Africa. *Southern African Journal of Environmental Education*, 37(1), 124–142. <https://doi.org/10.4314/sajee.v37i1.9>
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4–14. <https://doi.org/10.3102/0013189X015002004>
- Shulman, L. S. (1987). Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. *Harvard Educational Review*, 57(1), 1–23. <https://doi.org/10.17763/haer.57.1.j463w79r56455411>
- Sobel, D. (2013). *Place-based education: Connecting classrooms and communities* (2nd ed.). Orion.

- Stasinakis, P. K. y Athanasiou, K. (2016). Investigating Greek biology teachers' attitudes towards evolution teaching with respect to their pedagogical content knowledge: Suggestions for their professional development. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 12(6), 1605–1617. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.1249a>
- Stouthart, T., Bayram, D. y Van der Veen, J. (2023). Capturing pedagogical design capacity of STEM teacher candidates: Education for sustainable development through socioscientific issues. *Sustainability*, 15(14), 11055. <https://doi.org/10.3390/su151411055>
- Suh, J. K. y Park, S. (2017). Exploring the relationship between pedagogical content knowledge and sustainability of an innovative science teaching approach. *Teaching and Teacher Education*, 64, 246–259. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2017.01.021>
- Timm, J. M. y Barth, M. (2021). Making education for sustainable development happen in elementary schools: The role of teachers. *Environmental Education Research*, 27(1), 50–66. <https://doi.org/10.1080/13504622.2020.1813256>
- Valbuena, E. (2011). Hipótesis de progresión del conocimiento biológico y del conocimiento didáctico del contenido biológico. Parte I: Referentes teóricos. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (30), 30–52.
- Vatsha, M. Z. (2016). *A design-based study of the perceived impact of the South African National Biodiversity Institute (SANBI) teacher professional development programme in environmental education on teacher practice* [Tesis de Maestría, Rhodes University]. <https://hdl.handle.net/10210/214599>
- Vázquez-Bernal, B., Jiménez-Pérez, R. y Mellado Jiménez, V. (2019). El conocimiento didáctico del contenido (CDC) de una profesora de ciencias: reflexión y acción como facilitadores del aprendizaje. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 25-53. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2550>
- Zhou, G. (2015). Environmental pedagogical content knowledge: A conceptual framework for teacher knowledge and development. En S. K. Stratton, R. Hagevik, A. Feldman, y M. Bloom (Eds.), *Educating science teachers for sustainability* (pp. 185–203). Springer International Publishing AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-16411-3_11