

# Divulgación de la física moderna en escenarios educativos: una revisión sistemática

Mónica Eliana Cardona Zapata 

*Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.*

[meliana.cardona@udea.edu.co](mailto:meliana.cardona@udea.edu.co)

Sonia Yaneth López-Ríos 

*Facultad de Educación, Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.*

[sonia.lopez@udea.edu.co](mailto:sonia.lopez@udea.edu.co)

Jaime Alberto Osorio-Vélez 

*Instituto de Física, Universidad de Antioquia. Medellín. Colombia.*

[jaime.osorio@udea.edu.co](mailto:jaime.osorio@udea.edu.co)

[Recibido: 15 enero 2025, Revisado: 15 abril 2025, Aceptado: 29 mayo 2025]

**Resumen:** La divulgación de la física moderna es un proceso comunicativo que aborda, de manera accesible, conceptos complejos de este campo con el fin de promover la alfabetización científica. Al llevarse a cabo en diferentes entornos, enriquece los procesos de aprendizaje de las personas y las motiva a conectar con la ciencia, fomentando el pensamiento crítico y la curiosidad. Este estudio identifica concepciones sobre la divulgación científica (DC) y las estrategias metodológicas para su implementación en la enseñanza de la física moderna mediante una revisión sistemática de artículos científicos publicados entre 2015 y 2024 empleando el protocolo PRISMA 2020 en las bases de datos Web of Science, Scopus y Google Scholar. Se eligieron artículos en español, inglés y portugués que abordan investigaciones y sistematizaciones de experiencias realizadas en escenarios de educación formal y no formal, y se analizaron 37 estudios que permiten concluir que la DC sobresale como un proceso comunicativo cuyo objetivo es acercar el conocimiento científico a la sociedad de manera accesible y contextualizada, haciendo énfasis en elementos teóricos como la transposición didáctica, la cual permite adaptar los conocimientos especializados a un lenguaje cercano para todo tipo de público sin perder el rigor conceptual y contribuyendo a la apropiación social del conocimiento. Finalmente, se identificaron diferentes estrategias y recursos para orientar procesos de DC como analogías, conferencias, cursos mediados con tecnologías y lectura de textos científicos.

**Palabras clave:** Divulgación científica; Física moderna; Revisión sistemática; Enseñanza de la Física; Alfabetización científica.

## Popularization of modern physics in educational contexts: a systematic review

**Abstract:** The popularization of modern physics is a communicative process in which complex concepts of this field of knowledge are approached in an accessible way, promoting scientific culture and literacy. When carried out in different environments, it enriches people's learning processes and motivates them to connect with science, fostering critical thinking and curiosity. This study identifies conceptions about science popularization and methodological strategies to guide its implementation in the teaching of modern physics. For this purpose, a systematic review of scientific articles published between 2015 and 2024 was performed using the PRISMA 2020 protocol in databases Web of Science, Scopus and Google Scholar. Articles were chosen in Spanish, English and Portuguese that addressed research and systematizations of experiences carried out in formal and non-formal education settings. Thirty-seven studies were analyzed and it is concluded that scientific popularization has different conceptions, among which it stands out as a process of science communication, which seeks to bring scientific knowledge closer to society in an accessible and contextualized way, emphasizing theoretical elements such as didactic transposition, understood as a process that allows adapting specialized knowledge to a more accessible language for all types of public, without losing conceptual rigor and contributing to the social appropriation of knowledge. Finally, different strategies and resources are identified to guide scientific dissemination processes, such as analogies, lectures, technology-mediated courses and reading of scientific texts.

**Keywords:** Science popularization; Modern physics; Systematic review; Physics education; Scientific literacy.

---

**Para citar este artículo:** Cardona-Zapata, M. E., López-Ríos, S. Y. y Osorio-Vélez, J. A. (2025). Divulgación de la física moderna en escenarios educativos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 22(2), 2104. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2025.v22.i2.2104](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2025.v22.i2.2104)

---

## Introducción

La física moderna, que abarca relatividad, mecánica cuántica, física de partículas y astrofísica, ha transformado la comprensión del universo y ha impulsado el desarrollo tecnológico que caracteriza a la sociedad contemporánea (Watanabe y Kawamura, 2016). Comunicar este campo supone el reto de hacer accesible un conocimiento complejo pero fascinante, dada su conexión con los avances tecnológicos actuales. Según Ostermann (2001), en Godoy y Teixeira (2023), la física de los siglos XX y XXI aborda temas científicos relevantes que resultan atractivos para las nuevas generaciones. Estos conceptos están presentes en la vida cotidiana a través de los medios de comunicación y las tecnologías avanzadas, ofreciendo oportunidades educativas (Godoy y Teixeira, 2023). Además, la difusión científica promueve la comprensión de leyes y teorías, combate la pseudociencia, mejora la alfabetización científica y refuerza la relación entre la comunidad científica y la sociedad (Mehlhase, 2019, en Godoy y Teixeira, 2023). Esto resalta la necesidad de estrategias efectivas para acercar la física moderna al público, fomentando una mayor apreciación y comprensión de la ciencia.

En el ámbito de la alfabetización científica, la divulgación científica (DC) se ha consolidado como una herramienta potencial que facilita la apropiación del conocimiento científico por parte de la sociedad. Según Souza et al. (2024):

Es fundamental para acercar la ciencia al público en general, haciendo que el conocimiento sea accesible y comprensible. Sin embargo, esta práctica enfrenta varias dificultades. Una de las principales es la complejidad de los temas científicos, que a menudo requieren una comprensión profunda de conceptos específicos, lo que dificulta la comunicación para un público no especializado. (p. 2)

Entre 2010 y 2022, estos autores realizaron una revisión de literatura sobre investigaciones relacionadas con la DC y la física moderna, y en sus hallazgos resaltan que la mayoría de los estudios encontrados, pese a presentar enfoques relevantes, «no utilizan satisfactoriamente un lenguaje que configure la DC en diferentes niveles de representación de los fenómenos físicos. Algo que eventualmente puede provocar obstáculos de carácter epistemológico y visiones inadecuadas para los modelos de estos fenómenos» (p. 2). Asimismo, destacan que la complejidad matemática y la abstracción de los conceptos representan grandes desafíos para la divulgación, ya que la física moderna trasciende el lenguaje convencional y las analogías comunes, dificultando su comprensión para el público no especializado.

Souza et al. (2024) advierten que, a menudo, los esfuerzos por simplificar estas ideas resultan en malentendidos o en divulgaciones fragmentadas que no siempre proporcionan una visión integral y precisa de la realidad. Este escenario plantea interrogantes sobre las tendencias y enfoques actuales en la divulgación de la física moderna, subrayando la necesidad de desarrollar estrategias que no solo capten la atención del público, sino que comuniquen con precisión la complejidad inherente a esta disciplina. Por otro lado, Rodríguez (2018) señala que la divulgación «ayuda a sostener una relación entre la ciencia y la sociedad, lo que la ciencia moderna por sí misma no hace ya que, por su especialización, tiende a separar al ciudadano del científico e incluso a alejarlos» (pp. 63-64); por lo tanto, de acuerdo con Monteiro et al. (2016), es importante privilegiar la divulgación mediante acciones que desarrollen relaciones más estrechas entre escenarios educativos formales y no formales (MEN, s.f.).

Según lo anterior, esta investigación pretende identificar las concepciones sobre la DC y las estrategias metodológicas para orientar su implementación en escenarios de enseñanza de la física moderna a partir de una revisión sistemática de literatura y desde las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuál es la concepción de divulgación científica que se promueve en los escenarios educativos?
- ¿Cuáles son las estrategias metodológicas que se están utilizando para realizar actividades de divulgación de la física moderna?

## Método

Una revisión sistemática de literatura tiene como propósito revisar los estudios publicados sobre un tema de investigación específico, buscando identificar hallazgos relevantes, válidos y objetivos sobre el estado actual de dicho tema. Entre las posibles metodologías de revisión sistemática empleadas para este propósito, se eligió el protocolo PRISMA 2020 por su reconocimiento actual en diversas áreas de investigación, dada su estructura metodológica rigurosa, que supera las limitaciones de otros enfoques más narrativos o discursivos, como la investigación documental y la construcción de estados del arte. Este protocolo ofrece lineamientos claros y precisos para esquematizar el proceso de revisión de una forma fluida y estandarizada, contribuyendo a reducir posibles sesgos, a mejorar la reproducibilidad del proceso de sistematización y análisis y a fortalecer la validez de las conclusiones. En este sentido, el protocolo garantiza un proceso objetivo y transparente para responder preguntas de investigación en educación, al identificar, seleccionar, evaluar y sintetizar evidencia de alto impacto, además de describir de manera accesible los hallazgos realizados (Sánchez Serrano et al., 2022; Page et al., 2021).

Dado que la presente revisión sistemática hace parte de una investigación orientada a identificar aspectos teóricos y metodológicos que permitan establecer lineamientos y criterios inclusivos para la implementación de la DC, se llevó a cabo una búsqueda inicial en las bases de datos Web of Science y Scopus, reconocidas en el ámbito académico por albergar producciones de alto nivel en diferentes campos de conocimiento, incluyendo las ciencias y la educación. En ambas bases se realizó la búsqueda en la opción “All fields” (todos los campos) por medio de los recursos de información digital y electrónica que proporciona el sistema de bibliotecas de la universidad filial de los autores. Las ecuaciones de búsqueda utilizadas fueron: *Divulgación científica AND Física moderna*; *Divulgación científica AND Física cuántica*; *Divulgación científica AND Física de partículas*; *Divulgación científica AND enseñanza de la física*; *Divulgación científica AND enseñanza de la física AND (TIC or tecnologías digitales)* (y sus correspondientes traducciones en inglés y portugués).

Igualmente, se utilizó Google Scholar para complementar la búsqueda, considerando investigaciones y experiencias sobre estrategias de DC en contextos educativos. La búsqueda finalizó entre el 7 de octubre y el 10 de noviembre de 2024, y los criterios de inclusión y exclusión empleados están detallados en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Criterios de inclusión y exclusión para la revisión sistemática.

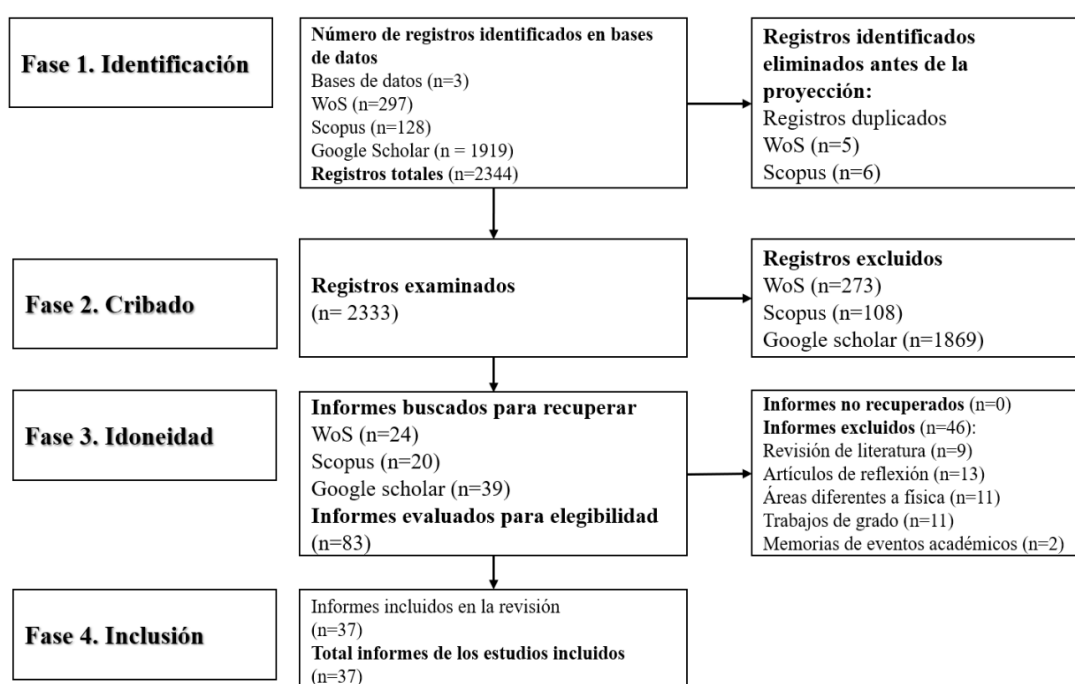
Criterios	Inclusión	Exclusión
Idioma	Español, inglés y portugués	Otros idiomas
Ventana temporal	Entre 2015 y 2024 (ambos años incluidos)	Antes del 2015 y después de noviembre de 2024
Tipo de estudio	Resultados de investigación y sistematización de experiencias	Revisión de literatura, reflexión teórica
Tipo de publicación	Artículos científicos	Trabajos de grado, actas o memorias de eventos académicos, libro o capítulo de libro
Contexto de implementación	Escenarios de educación formal y no formal	Otros escenarios
Disciplina de estudio	Física	Demás áreas de conocimiento

Luego, se identificaron las publicaciones cuyo título daba indicio de los criterios establecidos a partir de las ecuaciones de búsqueda utilizadas. Los resultados de la primera fase de búsqueda se presentan en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Resultados obtenidos en cada base de datos.

Ecuación de búsqueda	Web of Science	Scopus	Google Scholar	Total por ecuación de búsqueda
Divulgación científica AND Física moderna	68	14	348	430
Divulgación científica A N D Física cuántica	29	15	408	452
Divulgación científica AND Física de partículas	91	9	268	368
Divulgación científica AND enseñanza de la física	102	88	645	835
Divulgación científica AND enseñanza de la física AND (TIC or tecnologías digitales)	7	2	250	259
Total por cada base de datos	297	128	1919	2344

Tras aplicar los filtros de búsqueda, se eliminaron los documentos duplicados (n=11) y se leyeron los resúmenes y las palabras clave para identificar aquellos que respondieran al propósito de la investigación. Se excluyeron 2.250 documentos que no abordaban experiencias o investigaciones con resultados sobre la divulgación de la física moderna en escenarios educativos, o que correspondían a trabajos de investigación publicados en memorias de eventos o en repositorios institucionales, recuperándose 83 estudios. Posteriormente, se accedió a los textos completos de estos artículos y, tras su análisis, se seleccionaron 37 informes para la revisión. Se excluyeron 46 estudios por las razones detalladas en la Figura 1, la cual también muestra el seguimiento del protocolo PRISMA 2020.



**Figura 1.** Diagrama de flujo para la selección de artículos. Adaptado de Page et al. (2021)

El proceso de extracción de datos se hizo mediante un análisis de contenido (Gibbs, 2013), centrado en la identificación de cinco variables metodológicas: año de publicación, país, revista de publicación, tipo de investigación y tipo de estudio. Además, se consideraron seis variables sustantivas: contexto de implementación, concepción de la DC, conceptos asociados a la DC, estrategias metodológicas para la DC, recursos para la DC y conceptos abordados sobre física moderna. La información de los estudios seleccionados se sistematizó utilizando el software Microsoft Excel sin recurrir a herramientas de automatización para el análisis.

## Resultados

A partir del análisis de los estudios incluidos en la revisión se describen los hallazgos en relación con las variables metodológicas identificadas en cada uno. En la Figura 2 se observan los estudios por año de publicación.



**Figura 2.** Cantidad de estudios por año de publicación.

En la Tabla 3 se presentan las investigaciones realizadas por país, donde se puede observar que la mayoría proviene de Brasil ( $n=22$ ). Esto coincide con las observaciones de Caldas y Crispino (2017), en cuanto al impacto positivo que han tenido las políticas educativas de divulgación y de alfabetización científica en este país, especialmente en el ámbito de la física, posicionándolo como referente en este campo de investigación para América Latina.

**Tabla 3.** Investigaciones por país de implementación.

País	Cantidad
Alemania	1
Brasil	22
Bulgaria	1
Colombia	3
España	1
Italia	4
Países Bajos	1
Perú	1
Ucrania	3

En la Tabla 4 se presentan las revistas que publicaron dichas investigaciones. Las revistas con mayor número de publicaciones son Revista Brasileira de Ensino de Física ( $n=9$ ), Revista Investigações em Ensino de Ciências ( $n=3$ ) y Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias ( $n=2$ ).

Respecto al tipo de investigación se halló que 19 publicaciones son investigaciones cualitativas, 16 corresponden a sistematizaciones de experiencias y 2 son investigaciones cuantitativas. Con respecto a la distribución de los tipos de estudio utilizados en las investigaciones cualitativas, se encontró que predominan el estudio de caso y el análisis del discurso.

Es relevante señalar que se incluyeron 2 investigaciones documentales que, aunque no cumplen a cabalidad con los criterios de inclusión, aportan aspectos teóricos y metodológicos importantes sobre la divulgación de la física moderna. En ambos estudios se llevó a cabo una implementación de estrategias de DC.

En segundo lugar, se describen los resultados de las variables sustantivas identificadas en los estudios seleccionados. En cuanto al contexto de implementación, se observó que 20 investigaciones se realizaron en contextos de educación formal, como escuelas públicas y universidades con participantes que incluyeron estudiantes de secundaria, universitarios y profesores; 6 estudios se llevaron a cabo en contextos de educación no formal, como museos y centros de ciencia y tecnología donde los participantes fueron científicos y el público en general; y 3 estudios se realizaron en ambos tipos de escenarios, involucrando tanto a comunidades educativas como al público general. En los estudios restantes no se especificó ni la población ni el contexto de implementación.

**Tabla 4.** Revistas de origen de los artículos publicados.

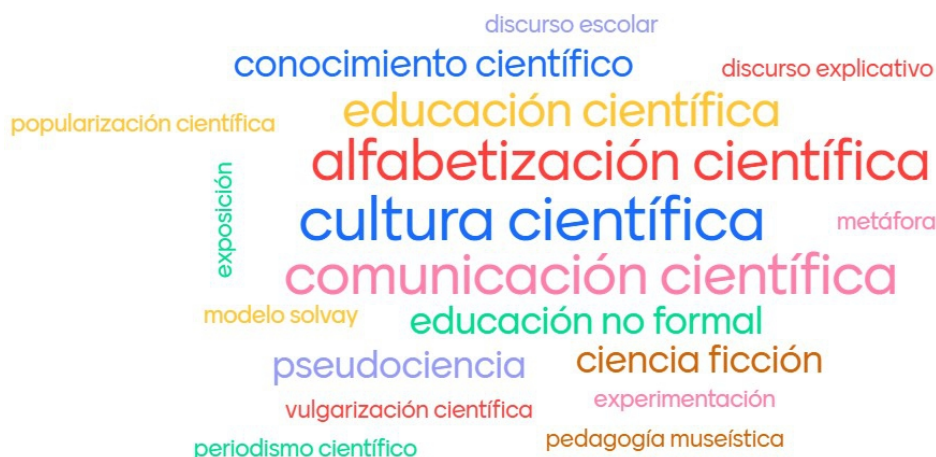
Base de datos	Revista
Web of Science	Atenas. Revista científico pedagógica
	Bulgarian Chemical Communications
	The European Physical Journal Special Topics
	Cultural studies of science education
	Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado
	Corpora
	Momento
	Humanidades & Inovação
	History of science and technology
	Amazonia investiga
	Universe
	Historical Studies in the Natural Sciences
	Applied Science Basel
	Quantum Science and Technology
SCOPUS	Research in Science & Technological Education
	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias
	Revista Brasileira de Ensino de Física
	Informação & Sociedade
	Investigações em Ensino de Ciências
Google Scholar	Acta Scientiae
	Ciência & Educação (Bauru)
	Revista Hipótese
	Revista Insignare Scientia-RIS
	Revista Enseñanza de la Física
	Leitura: Teoria & Prática

En cuanto a las concepciones sobre la DC, la Tabla 5 sintetiza las definiciones encontradas en 21 investigaciones junto con los autores que coinciden en cada una. En los 16 estudios restantes no se presenta una concepción clara o explícita sobre cómo se entiende la DC.

**Tabla 5.** Concepciones sobre la DC identificadas en la revisión.

Concepción sobre DC	Autores
Proceso que permite involucrar a audiencias nuevas y más amplias más allá de los currículos científicos o académicos.	Schirmacher (2015); da Silva et al. (2020); La Verde et al. (2023); Watanabe et al. (2016); Caldas y Crispino (2017); Giordan y Lima (2020)
Medio para mantener la sociedad al día sobre los temas científicos y para promover interacciones con ambientes y agentes sociales que resultan imposibles en situaciones corrientes.	Watanabe y Kawamura (2016); Bagdonas y Kojevnikov (2021); Neto y Teixeira (2022)
Implica la transformación de conocimiento especializado en conocimiento “cotidiano” o “lego”, así como una recontextualización del discurso científico.	Incelli (2018); Meinsma et al. (2023); Correia y Sauerwein (2017); Rodríguez et al. (2024); Setlik (2023)
Parte de un sistema de pensamiento creativo en la formación de la cultura científica de una persona, implementando actividades educativas en el proceso de difusión del conocimiento científico.	Karamanov et al. (2023); Lima et al. (2021)
Actividades desarrolladas por diferentes personas e instituciones con el objetivo de acercar información científica a un determinado grupo social.	Giraldo (2019); Farias y Maia (2020); Valderrama et al. (2023)
Es una acción que posibilita la difusión y popularización del conocimiento científico de forma más rápida, presentando en ocasiones a la sociedad áreas y temas recientemente desarrollados por la comunidad científica.	Silva y Ovigli (2021)
Conjunto de prácticas que tienen como objetivo comunicar conocimientos sobre ciencia a la población que no tiene formación específica en el área científica. (Valeiro y Pinheiro, 2008)	Lima et al. (2024)

Ante los conceptos asociados a la DC que relacionan los autores en cada uno de los estudios analizados, la mayoría hace alusión a la cultura, la comunicación y la alfabetización científica, refiriéndose a su papel en la reducción de brechas para construir relaciones de compromiso entre divulgadores y la sociedad. En la Figura 3 se presentan los conceptos que fueron abordados por los autores, en donde el tamaño de cada palabra denota la frecuencia de estudios que abordaron estos conceptos, a partir de las relaciones establecidas en los referentes teóricos identificados.



**Figura 3.** Nube de palabras sobre conceptos asociados a la DC. Elaborado en <https://www.mentimeter.com/es-ES>



Ahora bien, las estrategias metodológicas para abordar la DC se refieren a los procedimientos efectivos de comunicación del conocimiento científico a audiencias no especializadas. Los hallazgos de esta variable se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Estrategias metodológicas para abordar la DC en escenarios educativos.

Estrategias metodológicas	Autores
Exposiciones y conferencias	de Souza et al. (2015); Schirrmacher (2015)
Ambientes virtuales de aprendizaje, plataformas digitales y laboratorios remotos	Hristova (2015); da Silva et al. (2020); Lazzeroni et al. (2021); Caldas y Crispino (2017); Rodríguez et al. (2024); Neto y Teixeira (2022)
Analogías y metáforas	Incelli (2018); Kramar y Ilchenko (2021)
Cine de ciencia ficción	Petit y Solbes (2016); Lima et al. (2021)
Relación escuela-museo	Monteiro et al. (2016); Giraldo (2019); Karamanov et al. (2023); da Costa et al. (2018); Lima et al. (2024); Valderrama et al. (2023)
Cursos orientados por centros de ciencia	Giraldo (2019); Lima et al. (2024)
Actividades realizadas a partir de la lectura de libros de literatura científica y de ciencia ficción	Bagdonas y Kojevnikov (2021); Correia y Saue-rwein (2017); Giordan y Lima (2020); Hoernig et al. (2020); Souza y Miranda (2022)
Charlas TEDx	Meinsma et al. (2023)
Actividades lúdicas	Henrique et al. (2019)
Masterclases	Watanabe y Kawamura (2016); Watanabe et al. (2016)
Programas de gobierno	Caruso et al. (2024)
Observatorios científicos	Farias y Maia (2020); Pineda et al. (2023)
Programas de radio	La Verde et al. (2023); de Mello y dos Santos (2023)
Secuencias didácticas	Pagliarini y de Almeida (2016)
No definen una estrategia	Oliinyk (2020); Bondani et al. (2024); Silva y Ovigli (2021); Setlik (2023)

Igualmente, se identificaron recursos que facilitan el acceso a la información de manera comprensible, tales como documentales biográficos (de Souza et al., 2015), software para el análisis de datos del Gran Colisionador de Partículas (Watanabe y Kawamura, 2016; Watanabe et al., 2016), videos (Bondani et al., 2024), experimentos (Caldas y Crispino, 2017; Henrique et al., 2019), cartillas digitales (Souza y Miranda, 2022), canales de YouTube (Rodríguez et al., 2024) y libros de ciencia de divulgadores científicos como Carl Sagan, Richard Feynman, George Gamow, entre otros (Giraldo, 2019; Bagdonas y Kojevnikov, 2021; Giordan y Lima, 2020; Hoernig et al., 2020; Pagliarini y de Almeida, 2016; Setlik, 2023).

Finalmente, la Tabla 7 muestra los principales conceptos de física moderna abordados en los estudios analizados. Sobresalen los conceptos de física cuántica, teoría de la relatividad, partículas subatómicas y modelos atómicos, los cuales representan los pilares de la física moderna y han contribuido a la comprensión del universo a nivel microscópico.

**Tabla 7.** Conceptos de física moderna abordados desde la DC.

Conceptos	Frecuencia de estudios que los abordan
Mecánica cuántica.	9
Modelos atómicos; partículas subatómicas; teoría de la relatividad.	4
Modelo estándar; naturaleza de la luz.	3
Bosón de Higgs; radiación electromagnética; composición de la materia; Teoría del Big Bang; cosmología relativista; tecnología cuántica; radiación; espectro electromagnético.	2
Energía; aceleradores de partículas; efecto fotoeléctrico; efecto Compton; efecto túnel; principio de indeterminación de Heisenberg; principio de superposición; interacciones fundamentales; gravedad de las elipsoides; teoría de cuerdas; origen del universo; radiación cósmica de fondo; radioactividad; fuerza nuclear; fisión y fusión; energía nuclear; electrodinámica cuántica; interacción gravitacional; rayos cósmicos; astrometría; evolución estelar; vacío; materia oscura; energía oscura; constante de Planck; energía del campo electromagnético; paquetes de energía; ondas gravitacionales; agujeros negros.	1

## Discusión

A continuación, se discuten los resultados que contribuyen a dar respuesta a las preguntas de investigación.

### Concepción de la DC en escenarios educativos

Las concepciones sobre la DC descritas en la Tabla 5 reflejan diversas tendencias identificadas en revisiones previas, como la de Souza et al. (2024). En primer lugar, se comprende la DC como un proceso que involucra a audiencias diversas y que trasciende los contenidos y escenarios tradicionales (Schirmacher, 2015), lo que implica una ampliación de la visión sobre la comunicación científica. Este enfoque busca promover el valor de la ciencia como parte de la cultura y lograr la alfabetización científica en la sociedad (La Verde et al., 2023; Watanabe et al., 2016; Caldas y Crispino, 2017). Giordan y Lima (2020) destacan que la DC debe ser integrada en la educación formal, ya que enriquece el discurso científico y favorece la construcción de conocimiento de una manera más dinámica e inclusiva.

En segundo lugar, se reconoce la DC como un medio que permite mantener a la sociedad actualizada sobre los avances científicos (Watanabe y Kawamura, 2016), promoviendo la interacción social y fortaleciendo las relaciones entre la comunidad científica y el público no especializado. Esto facilita la percepción del impacto de la ciencia en el desarrollo económico, social y educativo, y contribuye a fomentar su uso con fines educativos (Bagdonas y Kojevnikov, 2021; Neto y Teixeira, 2022; Silva y Ovigli, 2021).

En tercer lugar, se presenta la DC como una reconstrucción del discurso científico que traduce el conocimiento especializado en términos accesibles para públicos con distintos niveles de acercamiento a la ciencia (Incelli, 2018). Este enfoque se complementa con las ideas de Meinsma et al. (2023) y Correia y Sauerwein (2017), quienes destacan la necesidad de adaptar el vocabulario científico a las características y necesidades de cada público. Asimismo, Rodríguez et al. (2024) y Setlik (2023) subrayan la importancia de contar con recursos accesibles que aborden los conceptos de física moderna de manera más ilustrativa y contextualizada, promoviendo así la alfabetización científica y su popularización. Esta

concepción está estrechamente relacionada con el concepto de transposición didáctica de Yves Chevallard que, según Hoernig (2020), ayuda a entender el discurso científico como una producción que se realiza en diferentes ámbitos que interactúan entre sí: el científico, el comunicativo y el educativo.

En cuarto lugar, autores como Karamanov et al. (2023) y Lima et al. (2021) consideran la DC como un recurso fundamental en la educación científica que integra un pensamiento creativo para fomentar la cultura científica a través de actividades educativas de difusión del conocimiento. Destacan que esta divulgación se ocupa de comunicar elementos de la cultura científica, coincidiendo con Lima et al. (2024) quienes añaden la relevancia de involucrar prácticas tanto en contextos educativos formales como no formales.

Por último, la concepción de DC identificada en los trabajos de Giraldo (2019), Farias y Maia (2020) y Valderrama et al. (2023) recoge ideas previas subrayando el papel de las instituciones científicas en el compromiso de transformar la comunicación especializada entre expertos para hacerla accesible a públicos más amplios. Estas estrategias facilitan la comprensión y participación, facilitando la apropiación social del conocimiento. Estos autores destacan que los conceptos de campos como la física moderna no están incluidos en el currículo escolar, por lo que la DC contribuye a generar el interés de los estudiantes en participar en actividades educativas y acceder a otros medios de comunicación que proporcionen información verificada, fortaleciendo la relación entre la ciencia, la educación y el contexto.

### **Estrategias metodológicas para actividades de divulgación de la física moderna**

Como se observa en la Tabla 6, se presentan tres tendencias principales en las estrategias metodológicas para llevar a cabo actividades de DC en escenarios educativos. Por un lado, se identifican estrategias mediadas por el uso de tecnologías digitales como el proyecto desarrollado por Histrova (2015), quien ofrece un repositorio de recursos educativos digitales provenientes de proyectos europeos e informes de investigación. El propósito de este repositorio es comunicar noticias científicas y divulgar conceptos de física moderna al público general. Además del repositorio, se realizan foros y cursos en línea.

Lazzeroni et al. (2021) también indican que el diseño de recursos educativos digitales sobre física moderna con fines divulgativos debe tener en cuenta las edades y capacidades del público objetivo, y esos recursos deben ser validados científicamente para asegurar que su implementación sea beneficiosa en programas educativos. En este sentido, la colaboración entre científicos y profesores es crucial, y esta colaboración puede gestionarse a través de instituciones de investigación y universidades que implementen proyectos de apropiación social del conocimiento.

Otros autores, como da Silva et al. (2020) y Caldas y Crispino (2017), destacan el uso de laboratorios remotos y laboratorios con materiales de bajo costo como herramientas que fomentan la participación de estudiantes en proyectos de universidades o centros de investigación. Estos enfoques permiten la comprensión de conceptos a través de métodos diversos e interactivos. En particular, el proyecto de Caldas y Crispino se ha consolidado como un espacio formal para la enseñanza y divulgación de la física en la región de la Amazonía brasileña, realizando actividades dirigidas a públicos diversos y fundamentadas en la teoría de la interacción social de Vygotsky mediante la experimentación y el juego.

Por su parte, Rodríguez et al. (2024) observan el creciente uso de plataformas como YouTube con fines divulgativos, lo que ha permitido que se reconozca como una herramienta potencial para enriquecer los aprendizajes en espacios formales y no formales. Asimismo, Neto y Teixeira (2022) subrayan el uso de recursos audiovisuales que contribuyen

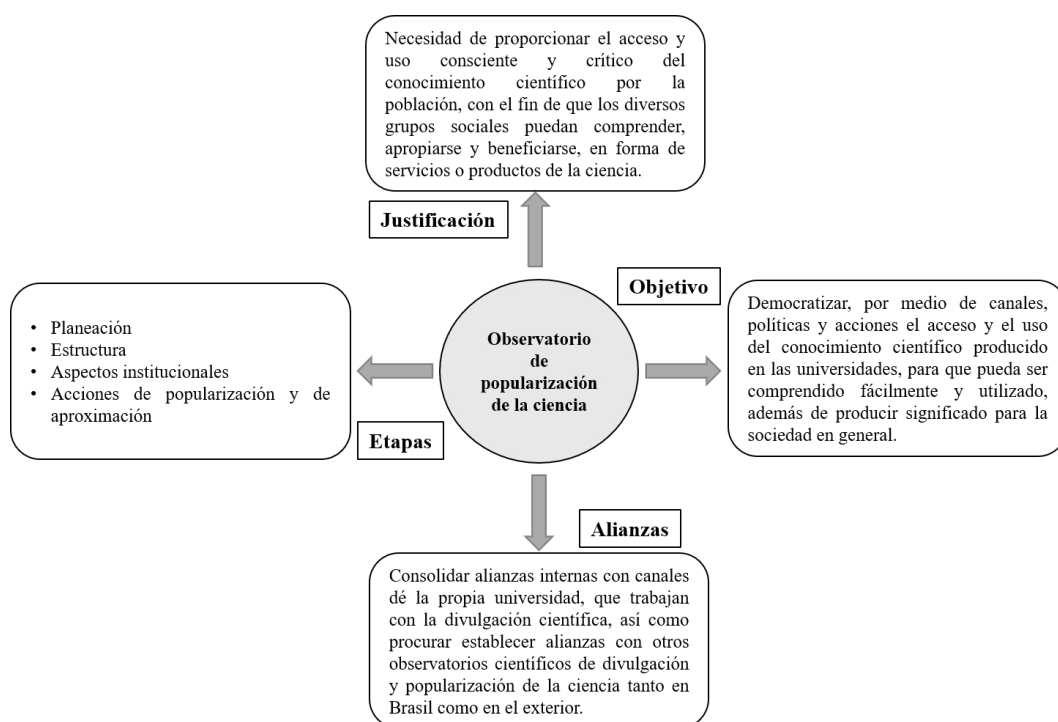
a sensibilizar a los jóvenes sobre conceptos científicos y los ayudan a formarse como lectores de ciencia, no solo de textos escritos sino también de imágenes, videos y sonidos.

La segunda tendencia identificada en los estudios se refiere al papel de los museos de ciencia y su relación con las escuelas. Autores como Monteiro et al. (2016), Giraldo (2019), Karamanov et al. (2023), da Costa et al. (2018), Lima et al. (2024) y Valderrama et al. (2023) coinciden en que estos espacios son entornos no formales de educación con un impacto significativo en la divulgación de conceptos científicos complejos. En los museos, se utilizan analogías, narrativas y actividades prácticas para fomentar la curiosidad y la participación, integrando metodologías de otros escenarios educativos como los formales. Karamanov et al. (2023) enfatizan el potencial pedagógico de estos como espacios que enriquecen el proceso educativo y generan alternativas de aprendizaje impactantes; además, Valderrama et al. (2023) señalan que los museos ofrecen experiencias accesibles e inmersivas que facilitan la comprensión de conceptos.

La tercera tendencia está relacionada con el uso de libros de literatura científica y ciencia ficción para llevar a cabo actividades educativas tanto en contextos formales como no formales. Estas actividades permiten explorar estrategias creativas con diversas narrativas; por ejemplo, Bagdonas y Kojevnikov (2021) destacan las historias de George Gamow que, a través del personaje ficticio Mr. Tompkins, hacen accesibles temas complejos de física moderna como la relatividad y la mecánica cuántica. Correia y Sauerwein (2017) enfatizan el uso de lecturas de ciencia acompañadas de estrategias de pre y postlectura para conectar los conocimientos previos con los conceptos adquiridos. Giordan y Lima (2020) coinciden, añadiendo que géneros literarios como libros, obras de teatro y cine de ciencia ficción fortalecen el discurso científico, promoviendo la comprensión y el diálogo entre ciencia y escuela.

Autores como Hoernig et al. (2020) y Souza y Miranda (2022) subrayan la importancia de utilizar fuentes de información fiables y validadas científicamente para combatir la pseudociencia y desarrollar el pensamiento crítico en la sociedad. Así, la relación entre la literatura, la ciencia y la escuela ofrece importantes oportunidades para abordar la física moderna de manera significativa. Finalmente, se destacan otras estrategias que predominan en la disertación oral sobre temas científicos tales como exposiciones, conferencias, pódcast y programas de radio (de Souza et al., 2015; Schirmacher, 2015; Meinsma et al., 2023), en los que se utilizan recursos como actividades experimentales, analogías, metáforas y relatos para comunicar conceptos complejos de física moderna. No obstante, estos recursos pueden generar distorsiones en la interpretación de los conceptos debido a los tiempos limitados y la falta de consideración sobre los conocimientos previos de los participantes (Incelli, 2018; Krammar e Ilchenko, 2021).

Es importante resaltar dos experiencias significativas que buscan acercar a diversos públicos a la apropiación social del conocimiento científico. Una de ellas es el programa Masterclasses Hands-on Physics, desarrollado por el CERN, que ofrece una actividad en la que los estudiantes recolectan datos del colisionador de partículas y participan en una videoconferencia con investigadores, generando un debate sobre los resultados obtenidos (Watanabe et al., 2016), experiencia que se ha convertido en un referente de divulgación que fortalece la cultura científica. La otra son los llamados observatorios científicos, descritos por Farias y Maia (2020) y Pineda et al. (2023) como laboratorios que permiten monitorear la evolución del proceso de divulgación y educación científica. En la Figura 5 se muestra el modelo de observatorio de popularización de la ciencia desarrollado por Farias y Maia (2020).



**Figura 4.** Propuesta de modelo de observatorio de popularización de la ciencia. Adaptado de Farias y Maia (2020). Traducción propia

Estos modelos se han fundamentado en las estrategias de DC de la Red para la Educación Escolar en Astronomía de la Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA), por lo que también constituyen un buen referente para establecer acciones de apropiación social del conocimiento a nivel nacional e internacional, contando con diferentes actores como científicos, educadores, estudiantes y público en general en diversos escenarios educativos.

## Conclusiones

La DC se concibe como un proceso comunicativo, educativo y cultural cuyo propósito es acercar la comunidad, de forma accesible y significativa, al conocimiento científico. Entre sus objetivos está mantener a los ciudadanos al día con los avances científicos, reconociendo su valor en la sociedad, la política, la economía y la cultura. Este acercamiento implica la traducción del lenguaje técnico y especializado de la ciencia a uno más comprensible y cotidiano, lo que se puede lograr mediante el uso de analogías, metáforas y otros recursos que fomentan el interés por los temas científicos. Como se destacó en la discusión, la divulgación promueve la cultura científica al informar sobre el rol de la ciencia en la toma de decisiones y contribuye a la alfabetización científica al fortalecer habilidades de interpretación, pensamiento crítico y ciudadanía.

Sin embargo, existen dificultades al implementar estrategias de DC, principalmente, en áreas como la física moderna, debido al riesgo de simplificaciones excesivas que pueden obstaculizar la construcción de conocimientos científicos y generar barreras epistemológicas. A su vez, existe la posibilidad de presentar la ciencia de manera fragmentada y descontextualizada, lo que puede llevar a una pérdida de credibilidad científica y a legitimar ideas pseudocientíficas que dificultan la verdadera alfabetización científica. En este sentido, se sugiere realizar procesos de transposición didáctica rigurosos, los cuales permiten adaptar los saberes especializados a un lenguaje accesible para públicos no especializados sin perder el rigor conceptual. En este proceso es clave saber seleccionar, organizar y rein-

interpretar los conocimientos científicos de manera que favorezcan su comprensión y contribuyan a la apropiación social del conocimiento.

En cuanto a las estrategias y recursos utilizados, se evidencian tres tendencias principales: el uso de herramientas tecnológicas como ambientes virtuales de aprendizaje, software y laboratorios virtuales; el uso de textos de divulgación científica y de ciencia ficción; y la relación entre los museos y las escuelas como escenarios complementarios que combinan enfoques formales y no formales de la educación. Estos enfoques privilegian la educación científica y la divulgación mediante acciones que se desarrollan a partir de relaciones más estrechas entre ambos tipos de escenarios.

Igualmente, se identificaron múltiples estrategias que combinan literatura, exposiciones, conferencias, programas radiales y cine de ciencia ficción. Estas estrategias deben caracterizarse por su claridad, accesibilidad y adaptabilidad a la diversidad de públicos, por lo que es fundamental que tengan en cuenta la diversidad cultural, lingüística y social de los diferentes grupos sociales, de modo que el conocimiento científico pueda llegar a todas las personas sin perpetuar desigualdades en el acceso.

Finalmente, en relación con la divulgación de la física moderna, se concluye que la mayoría de los estudios han abordado conceptos como modelos atómicos, partículas subatómicas, la teoría de la relatividad y la física cuántica, los cuales son imprescindibles en la física moderna y ofrecen la posibilidad de emplear recursos metodológicos para su transposición didáctica y divulgación a públicos no especializados, aunque se reconoce que conceptos más complejos, como la energía oscura, la materia oscura, la teoría de cuerdas y la física de partículas, representan un desafío mayor, ya que requieren conocimientos más abstractos o matemáticos, lo que dificulta el uso de narrativas o analogías para acercar a las personas a su comprensión.

Cabe mencionar que esta revisión sistemática presenta como limitaciones los criterios de exclusión definidos en el método, ya que no se incluyeron libros, capítulos de libros, memorias de eventos y trabajos de grado, lo que podría haber proporcionado un panorama más amplio sobre la divulgación de la física moderna en escenarios educativos formales y no formales.

#### **Declaración de autoría**

Mónica Eliana Cardona Zapata: investigación, conceptualización, búsqueda de información, análisis de contenido, redacción (revisión y edición). Sonia Yaneth López Ríos: investigación, conceptualización, validación de instrumentos, análisis formal, redacción (revisión y edición). Jaime Alberto Osorio Vélez: investigación, conceptualización, análisis formal, triangulación de la información, redacción (revisión y edición).

#### **Referencias bibliográficas**

- Bagdonas, A. y Kojevnikov, A. (2021). Funny origins of the big bang theory. *Historical Studies in the Natural Sciences*, 51(1), 87-137.  
<https://doi.org/10.1525/hsns.2021.51.1.87>
- Bondani, M., Galano, S., Malgieri, M., Onorato, P., Sciarretta, W. y Testa, I. (2024). Development and use of an instrument to measure pseudoscientific beliefs in quantum mechanics: the PSEUDO-QM scale. *Research in Science & Technological Education*, 42(3), 1-22.  
<https://doi.org/10.1080/02635143.2024.2390847>

- Caldas, J. y Crispino, L. C. (2017). Divulgação científica na Amazônia: O Laboratório de Demonstrações da UFPA. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(2), e2309. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0229>
- Caruso, F., Silveira, F. y Marques, A. (2024). The Compton scientific mission in Brazil in 1941: a perspective from national newspapers and documents of the time. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20240166. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0166>
- Correia, D. y Sauerwein, I. P. S. (2017). As leituras de textos de divulgação científica feitas por licenciandas no estágio supervisionado em física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(3), e3401. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0260>
- da Costa, E., Fernandes, B., Lima, G., Siqueira, A., Paiva, J., Santos, M., Tavares, J., de Souza, T. y Gomes, T. (2018). Divulgação e ensino de Astronomia e Física por meio de abordagens informais. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 40(4), e5401. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0051>
- da Silva, V. C., Begalli, M. y de Oliveira McCoy, C. S. (2020). Laboratórios de tecnologia remota no Ensino de Física e educação em ciências: o caso do Hands on Particle Physics e do Museum Alliance da Nasa. *Humanidades & Inovação*, 7(9), 222-230.
- de Mello, R. O. y dos Santos Amador, C. H. (2023). Entropia sonora: um podcast de divulgação científica. *Revista Insignare Scientia-RIS*, 6(5), 278-295. <https://doi.org/10.36661/2595-4520.2023v6n5.14071>
- de Souza Filho, M. P. D., Osorio Araya, A. M. y Fiorato, P. F. (2015). Exposición de paneles sobre la vida y obra de Albert Einstein (1879-1955). *Atenas*, 2(30), 39-51.
- Farias, M. G. G. y Maia, F. C. D. A. (2020). Proposição de observatório científico para popularização da ciência. *Informacao e Sociedade*, 30(3), 1-19. <https://doi.org/10.22478/ufpb.1809-4783.2020v30n3.53866>
- Gibbs, G. (2013). *El análisis de datos cualitativos en investigación cualitativa*. Ediciones Morata.
- Giordan, M. y Lima, G. (2020). A produção discursiva em aulas de ciências por meio da divulgação científica: o caso do uso do discurso direto. *Investigações em Ensino de Ciência*, 25(3), 209-231. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2020v25n3p209>
- Giraldo, J. (2019). Unos cuantos para todo. *MOMENTO*, (59E), 84-123. <https://doi.org/10.15446/mo.n59E.81665>
- Godoy, R. H. R. y Teixeira, R. R. P. (2023). Divulgação científica e física de partículas. *Revista de Educação, Ciência e Tecnologia (RECeT)*, 4(1), 3-23.
- Henrique, F. R., Tomazio, N. B., Rosa, R. G. T., de Souza, A. M., D'Almeida, C., Sciuti, L. F., García, M. y de Boni, L. (2019). Luz à primeira vista: um programa de atividades para o ensino de óptica a partir de cores. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 41(3), e20180223. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0223>
- Hoernig, A. F., Massoni, N. T. y Lima, N. W. (2020). As visões sobre a ciência e sobre a realidade nos enunciados de Richard P. Feynman: Uma análise metalinguística de alguns de seus textos didáticos e de divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200019. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0019>

- Hristova, T. T. (2015). Innovative practices and technologies in educational projects of European Schoolnet and the project Scientix. *Bulgarian Chemical Communications*, 47, 504-507.
- Incelli, E. (2018). Popularising the Higgs boson: a corpus-assisted approach to reporting scientific discovery in online media. *Corpora*, 13(2), 169-203. <https://doi.org/10.3366/cor.2018.0143>
- Karamanov, O., Surmach, O., Kravchenko, O., Polishchuk, N. y Albul, I. (2023). Museum educational activities in the context of disseminating modern scientific knowledge. *Amazonia Investiga*, 12(68), 85-92. <https://doi.org/10.34069/AI/2023.68.08.8>
- Kramar, N. y Ilchenko, O. (2021). From intriguing to misleading: The ambivalent role of metaphor in modern astrophysical and cosmological terminology. *Amazonia Investiga*, 10(46), 92-100. <https://doi.org/10.34069/AI/2021.46.10.8>
- La Verde, G., Ambrosino, F., Ragosta, M. y Pugliese, M. (2023). Results of indoor radon measurements in Campania schools carried out by students of an Italian outreach project. *Applied Sciences*, 13(8), 4701, 1-9. <https://doi.org/10.3390/app13084701>
- Lazzeroni, C., Malvezzi, S. y Quadri, A. (2021). Teaching science in today's society: the case of particle physics for primary schools. *Universe*, 7(6), 169, 1-10. <https://doi.org/10.3390/universe7060169>
- Lima, G., Pagliarini, C., y Aguiar Jr, G. (2021). Ciência, arte e filosofia: mobilizando discursos no uso educativo do cinema numa atividade não formal. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 305-323. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p305>
- Lima, N. W., Heidemann, L. A. y Becker, M. H. T. (2024). É possível promover aprendizado sobre Mecânica Quântica em projetos de divulgação científica? Análise estatística sobre a potencialidade de um curso de extensão virtual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20240062. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0062>
- Meinsma, A. L., Kristensen, S. W., Reijnierse, W. G., Smeets, I. y Cramer, J. (2023). Is everything quantum 'spooky and weird'? An exploration of popular communication about quantum science and technology in TEDx talks. *Quantum Science and Technology*, 8(3), 035004, 1-15. <https://doi.org/10.1088/2058-9565/acc968>
- Ministerio de Educación Nacional (s.f). *Programas técnicos ofrecidos por instituciones de Educación no formal*. <https://www.mineduacion.gov.co/1621/article-87076.html>
- Monteiro, B. A. P., Martins, I., de Souza Janerine, A. y de Carvalho, F. C. (2016). The issue of the arrangement of new environments for science education through collaborative actions between schools, museums and science centres in the Brazilian context of teacher training. *Cultural Studies of Science Education*, 11, 419-437. <https://doi.org/10.1007/s11422-014-9638-4>
- Neto, J. P. y Teixeira, R. R. P. (2022). Uso de vídeos em atividades de divulgações científica sobre buracos negros e ondas gravitacionais. *Revista Hipótese*, 8, e022003. <https://doi.org/10.47519/eiaerh.v8.2022.ID7>
- Oliinyk, O. (2020). The role of V. Lihin's scientific publications in international journals. *History of science and technology*, 10(1 (16)), 62-71. [https://doi.org/10.32703/2415-7422-2020-10-1\(16\)-62-71](https://doi.org/10.32703/2415-7422-2020-10-1(16)-62-71)



- Page, M.J., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S. y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71), 1-9.  
<https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pagliarini, C. R. y de Almeida, M. J. P. (2016). Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. *Ciência & Educação (Bauru)*, 22(2), 299-317. <https://doi.org/10.1590/1516-731320160020003>
- Petit, M. y Solbes, J. (2016). El cine de ciencia ficción en las clases de ciencias de enseñanza secundaria (II). Análisis de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 176-191.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2016.v13.i1.13](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2016.v13.i1.13)
- Pineda, D. Y., Valderrama, D. A. y Torres, N. Y. (2023). Intervención Didáctica para la Enseñanza de Astrometría Estelar en Contextos Educativos Rurales. *Acta Scientiae*, 25(5), 1-29. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7347>
- Rodríguez, J. (2018). Reflexiones sobre la divulgación de la ciencia. En M. Alcaráz y C. Medina (coords.). *Ventanas a la divulgación científica: miradas desde el diseño, la comunicación y las artes* (pp. 62-80). Universidad Autónoma de Baja California.
- Rodríguez, E. A., Sánchez, M. y Suárez, M. A. (2024). Análisis de contenido de canales en YouTube que promueven la alfabetización científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 21(2), 2302-2302.  
[https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2024.v21.i2.2302](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2024.v21.i2.2302)
- Sánchez-Serrano, S., Pedraza-Navarro, I. y Donoso-González, M. (2022). ¿Cómo hacer una revisión sistemática siguiendo el protocolo PRISMA? Usos y estrategias fundamentales para su aplicación en el ámbito educativo a través de un caso práctico. *Bordón, Revista de Pedagogía*, 74(3), 51-66.  
<https://doi.org/10.13042/Bordon.2022.95090>
- Schirrmacher, A. (2015). Who made quantum theory popular with physicists and beyond? The Solvay model, a new center for quantum physics, and science communication. *The European Physical Journal Special Topics*, 224(10), 2113-2125.  
<https://doi.org/10.1140/epjst/e2015-02526-1>
- Setlik, J. (2023). Textos de divulgação científica sobre física quântica nas histórias de leitura de ingressantes em um curso de Licenciatura em Física. *Leitura: Teoria & Prática*, 41(87), 97-111. <https://doi.org/10.34112/2317-0972a2023v41n87p97-111>
- Silva, R. R. M. y Ovigli, D. F. B. (2021). As representações da ciência em matérias de uma revista de divulgação científica: a cosmologia superinteressante. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(1), 343-374.  
<https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n1p343>
- Souza, R. D. S. y Miranda, S. B. (2022). Investigações sobre as possibilidades de reconhecer apropriações indevidas da Mecânica Quântica: o papel da divulgação científica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20220054.  
<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-0054>
- Souza, R. D. S. Reis, G. A. D. J., y Hora, G. M. B. D. (2024). O estado da arte das pesquisas relacionadas à divulgação científica sobre a Física Quântica entre os anos

2010 e 2022. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 46, e20240052.  
<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0052>

- Valderrama, D. A., Benavides, E. Y. P., Velasco, M. D. G., y Torres, E. S. (2023). Escenarios de educación no formal en Colombia; potencialidades para la enseñanza de la física. *Revista de enseñanza de la física*, 35(2), 75-91.  
<https://doi.org/10.55767/2451.6007.v35.n2.43694>
- Watanabe, G. y Kawamura, M.R. (2016). El papel de la divulgación científica realizada por científicos en la formación de profesores. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 19(2), 61-73.  
<https://doi.org/10.6018/reifop.19.2.253951>
- Watanabe, G., Watanabe, G., Costa, L., Gregores, E., Gurgel, I., Mercadante, P. y Munhoz, M. G. (2016). O evento CERN Masterclasses: Hands on Particle Physics: contribuições sobre seu papel na comunicação científica a partir de percepções de seus participantes. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 38(3), e3401.  
<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0031>