

# Sistemas de organización de contenidos en ciencias naturales: revisión bibliométrica entre 2010 y 2022

Content Organization Systems in Natural Sciences:  
A Bibliometric Review from 2010 to 2022

Sistemas de organização de conteúdos em ciências naturais:  
uma revisão bibliométrica entre 2010 e 2022

 Rubinsten Hernández  
Barbosa<sup>1</sup>

 Zharick Juliana Álvarez  
Romero<sup>2</sup>

 María Alejandra Cuadros  
Cetina<sup>2</sup>

 Álvaro García Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Pedagógica y  
Tecnológica de Colombia

<sup>2</sup> Universidad Distrital Francisco  
José de Caldas

Recibido: 04/11/2023

Aceptado: 02/07/2024

## Autor de correspondencia:

Rubinsten Hernández Barbosa  
rubinsten.hernandez@uptc.edu.co

## Cómo citar:

Hernández Barbosa, R., Álvarez  
Romero, Z. J., Cuadros Cetina, M. A.,  
& García Martínez, A. (2024).

Sistemas de organización de  
contenidos en ciencias naturales:  
revisión bibliométrica entre 2010  
y 2022. *Páginas de Educación*,  
17(2), e3744.

<https://doi.org/10.22235/pe.v17i2.3744>

**Resumen:** Se presenta un análisis bibliométrico realizado con base en trabajos de investigación publicados entre el año 2010 y 2022 para responder a la pregunta: ¿Cómo se organizan los contenidos objeto de enseñanza en las ciencias naturales y en qué se fundamentan teórica y metodológicamente? La búsqueda se hizo en las bases de datos SciELO, Dialnet, Scopus, ProQuest y el buscador Google Académico usando las siguientes palabras clave: secuencias de enseñanza y aprendizaje, secuencia de enseñanza, secuencia de aprendizaje, propuesta didáctica, propuesta de enseñanza, estrategia didáctica, unidad didáctica, secuencia didáctica, experiencia de aula, proyecto de aula, sistema didáctico y ciencias naturales (biología, física, química, astronomía y geología). Se encontraron 85 artículos para cuyo análisis se establecieron tres categorías: 1) características generales de los artículos, 2) naturaleza de las experiencias planteadas y 3) elementos mediadores en la construcción. Se estableció que los sistemas de organización de contenidos mayormente implementados son "secuencia de enseñanza y aprendizaje", "secuencia didáctica" y "unidad didáctica" y se observó que los docentes comienzan a considerar los contextos y realidades del estudiantado, tanto en contenidos como en estrategias. También se establecieron elementos importantes para los docentes a la hora de diseñar una organización de contenidos: la historia de las ciencias, las habilidades cognitivo-lingüísticas, las nuevas tecnologías informáticas y la evaluación.

**Palabras clave:** contenidos de enseñanza; ciencias naturales; secuencia didáctica; unidad didáctica.

**Abstract:** This paper presents a bibliometric analysis based on research studies published between 2010 and 2022 to address the question: How are the contents of natural sciences teaching organized, and what are their theoretical and methodological foundations? The search was conducted in the SciELO, Dialnet, Scopus, ProQuest, and Google Scholar databases using the following keywords: teaching and learning sequences, teaching sequence, learning sequence, didactic proposal, teaching proposal, didactic strategy, didactic unit, didactic sequence, classroom experience, classroom project, didactic system, and natural sciences (biology, physics, chemistry, astronomy, and geology). A total of 85 articles were found and analyzed according to three categories: 1) general characteristics of the articles, 2) the nature of the proposed experiences, and 3) mediating elements in the construction. The study established that the most commonly implemented content organization systems are "teaching and learning sequence," "didactic sequence," and "didactic unit." It was also observed that teachers are increasingly considering the contexts and realities of students in both content and strategies. Additionally, important elements were identified for teachers when designing content organization, including the history of sciences, cognitive-linguistic skills, new information technologies, and evaluation.

**Keywords:** teaching content; natural sciences; didactic sequence; didactic unit.



**Resumo:** Apresenta-se uma análise bibliométrica baseada em artigos de pesquisa publicados entre 2010 e 2022 para responder à pergunta: Como são organizados os conteúdos de ensino nas ciências naturais e quais são seus fundamentos teóricos e metodológicos? A busca foi realizada nas bases de dados SciELO, Dialnet, Scopus, ProQuest e no motor de busca Google Scholar, utilizando as seguintes palavras-chave: sequências de ensino e aprendizagem, sequência de ensino, sequência de aprendizagem, proposta didática, proposta de ensino, estratégia didática, unidade didática, sequência didática, experiência de sala de aula, projeto de aula, sistema didático e ciências naturais (biologia, física, química, astronomia e geologia). Foram encontrados 85 artigos, para cuja análise foram estabelecidas três categorias: 1) características gerais dos artigos, 2) natureza das experiências propostas e 3) elementos mediadores na construção. Foi estabelecido que os sistemas de organização de conteúdo mais comumente implementados são "sequência de ensino e aprendizagem", "sequência didática" e "unidade didática", e foi observado que os docentes estão começando a considerar os contextos e as realidades dos alunos, tanto em termos de conteúdo quanto de estratégias. Também foram estabelecidos elementos importantes para os docentes na elaboração da organização do conteúdo: a história da ciência, as habilidades cognitivo-linguísticas, as novas tecnologias informáticas e a avaliação.

**Palavras-chave:** conteúdo de ensino; ciências naturais; sequência didática; unidade didática.

**Implicaciones prácticas:** De esta revisión bibliométrica se desprenden elementos basados en evidencia para la construcción del conocimiento y la experiencia en la enseñanza de las ciencias naturales. Se recomienda a los docentes:

- Integración de TIC: Utilizar tecnologías de la información y la comunicación (TIC) como componentes centrales en el diseño de actividades pedagógicas y/o como herramientas de apoyo.
- Incorporación de la historia de las ciencias: Diseñar actividades que incluyan la historia de las ciencias para contextualizar y enriquecer la enseñanza, facilitando la comprensión y haciendo el aprendizaje más relevante y atractivo.
- Desarrollo de habilidades cognitivas y cognitivo-lingüísticas: Crear actividades que fomenten habilidades como definir, describir, resumir, explicar, justificar, argumentar y demostrar, para mejorar la capacidad de los estudiantes de estructurar y comunicar el conocimiento científico.
- Evaluación continua: Implementar un proceso de evaluación continua y no sumativa, que mejore el diseño pedagógico y la práctica docente.
- Definición clara de actividades pedagógicas: Establecer claramente la estructura de las actividades pedagógicas, incluyendo competencias, indicadores, objetivos, caracterización del grupo, plan de trabajo, tiempo de la experiencia, herramientas, materiales y resultados esperados, para facilitar la comprensión y replicación de las experiencias educativas.

## Introducción

En las instituciones educativas, los docentes utilizan diversas estrategias de enseñanza para lograr los aprendizajes y desarrollo de destrezas, habilidades o competencias que se han establecido en los planes de aula para cada uno de los grados. Este tipo de organización de los contenidos para la enseñanza (en diferentes niveles de formación) permite el desarrollo de una serie de actividades relacionadas entre sí, que requieren el uso de recursos físicos, tecnológicos, económicos y humanos, entre otros, que en conjunto vienen a establecer los ambientes de aula. Estas formas de organización han recibido diferentes denominaciones. Por ejemplo, MéHeut y Psillos (2004) señalan que a inicios de los años ochenta se abrió una línea notable de investigación, que implicó tanto el diseño como la implementación de secuencias temáticas orientadas a favorecer el aprendizaje de temas específicos de ciencias naturales. El uso de estas secuencias ha ido creciendo, y son tomadas como un recurso que permite organizar los contenidos desde lo más simple a lo más complejo. Actualmente, estas secuencias se estructuran con actividades enfocadas a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), como simuladores de procesos científicos, videos que muestran los diferentes fenómenos naturales, entre otros.

Por otra parte, Marchán-Carvajal & Sanmartí (2015) mencionan que la planeación de las secuencias de enseñanza y aprendizaje (SEA) implica una selección cuidadosa de actividades de enseñanza y aprendizaje que resulten adecuadas para cumplir los objetivos. Dado su creciente uso,

Couso (2011) plantea que son diversos los grupos de investigación que han propuesto marcos conceptuales para la elaboración de las SEA, lo cual se ha realizado a partir de resultados de investigación y evidencias empíricas. Aunque no existe un diseño único, sino que, por el contrario, se han planteado varios modelos para su elaboración, estas SEA poseen diferentes elementos o aspectos que permiten la planeación de actividades a partir de contenidos, competencias y enfoques epistemológicos y didácticos.

MéHeut y Psillos (2004) clasifican las secuencias a través del rombo didáctico de Brousseau, el cual señala un eje vertical que representa la dimensión epistémica, que hace referencia al conocimiento del mundo material, y un eje horizontal que representa la dimensión pedagógica, que evidencia la relación entre enseñanza y aprendizaje que se da entre profesores y alumnos. Una de las primeras SEA propuestas se centra en la relación de los estudiantes y el mundo material, ya que se enfoca en las ideas de los alumnos sobre el mundo y cómo se podría, a partir de allí, llegar a un cambio conceptual más relacionado hacia lo científico. Otro tipo de SEA se muestra en un eje epistemológico entre la ciencia y el mundo material, que enfatiza la reflexión sobre el conocimiento científico, su naturaleza, sus procedimientos, interacciones, sus formas de producción, entre otros (Couso, 2011).

Los dos tipos de secuencia de enseñanza y aprendizaje planteadas por MéHeut y Psillos (2004) establecen extremos que relacionan la parte psicológica y cognitiva, centrada en el estudiante y su relación con el mundo que lo rodea, y lo disciplinar y epistemológico, centrado en la ciencia y su relación con el mundo. No obstante, actualmente las SEA utilizan un enfoque mixto entre los extremos anteriormente mencionados, lo cual resalta la importancia de realizar esta interrelación al momento de diseñar una SEA centrada en el aprendizaje. En ese orden de ideas, para la realización de una SEA es necesario tener en cuenta el qué y el cómo se enseña. Couso (2011) muestra el modelo de reconstrucción educativa y destaca “la importancia de seleccionar y transformar los contenidos, de acuerdo tanto con lo que pueden aprender los alumnos como con lo que es relevante desde el punto de vista de la ciencia y de una ciencia social” (p. 62). Así que la importancia de seleccionar los contenidos, a partir de las competencias o currículos de cada país, es una parte primordial de la creación de una SEA y el planteamiento de sus objetivos.

Actualmente, las SEA han ido evolucionando y con ellas el tipo de actividades y recursos, en las cuales se ha involucrado el uso de las TIC. Esto ha tomado mayor importancia en el año 2020, a consecuencia de la pandemia de COVID-19. Tal como plantea la UNESCO:

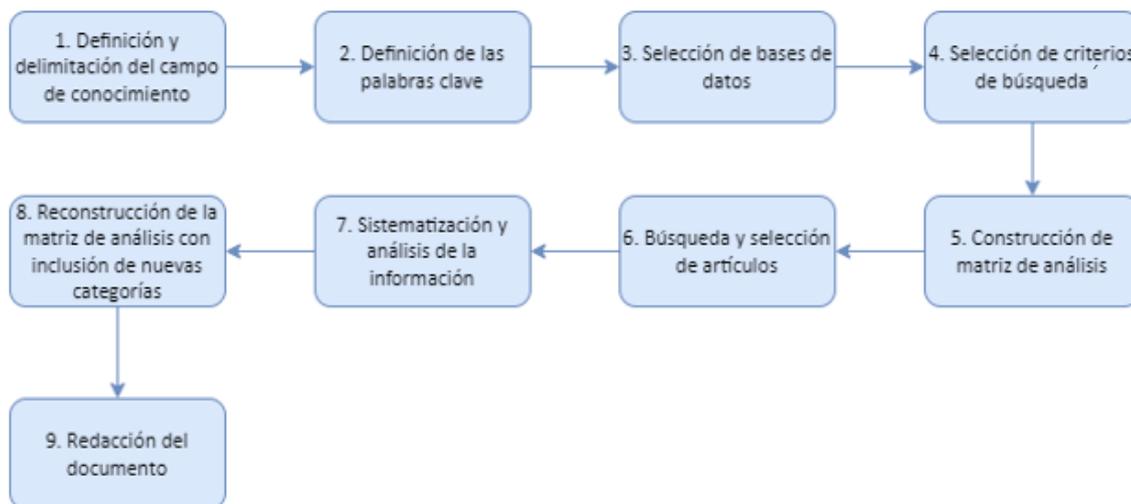
Hoy en día, los docentes encargados de una clase necesitan estar preparados para ofrecer a sus alumnos posibilidades de aprendizaje con el apoyo de las nuevas tecnologías. Estar preparados para utilizar la tecnología y saber cómo ésta puede contribuir al aprendizaje de los estudiantes son dos capacidades que han llegado actualmente a formar plenamente parte del catálogo de competencias profesionales de cada docente (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2007, p. 4).

Es decir que, actualmente, los procesos de enseñanza y aprendizaje en escenarios formales de educación exigen un conocimiento y dominio por parte de los docentes de la diversidad de recursos tecnológicos y digitales para diseñar y generar diferentes procesos de formación en el aula de clases.

A partir de lo anterior se realiza una revisión bibliométrica de artículos relacionados con sistemas de organización de contenidos objeto de estudio en el área de ciencias naturales, lo cual permite determinar cómo se organizan y fundamentan en los diferentes niveles educativos y su frecuencia de publicación en los diferentes países.

### **Metodología**

Se retoman los planteamientos de Gil (2002), quien señala que para un estudio bibliométrico inicialmente es necesario elegir la temática, realizar un estudio bibliográfico preliminar, formular el problema, organizar la lógica y realizar la redacción de los resultados. La Figura 1 señala los pasos que se establecieron en el estudio bibliométrico; luego se describe cada uno de ellos.

**Figura 1***Pasos establecidos para realizar el análisis bibliométrico*

Nota. Adaptado de Vargas Sánchez y García Martínez (2021).

**Paso 1. Definición y delimitación del campo de conocimiento:** se estableció que el campo a trabajar serían los sistemas de organización de contenidos, lo que permitió la consolidación preliminar de las palabras de búsqueda.

**Paso 2. Definición de palabras clave:** secuencias de enseñanza y aprendizaje, secuencia de enseñanza, secuencia de aprendizaje, propuesta didáctica, propuesta de enseñanza, estrategia didáctica, unidad didáctica, proyecto de aula, secuencia de actividades y ciencias naturales. La búsqueda se realizó con las palabras clave en inglés, español y portugués.

**Paso 3. Selección de las bases de datos:** con el fin de facilitar la búsqueda se seleccionaron bases de datos de acceso abierto y/o con acceso concedido por la institución. Estas fueron SciELO, Dialnet, Scopus, ProQuest y Google Académico.

**Paso 4. Selección de criterios:** trabajos producto de investigación relacionados con las palabras clave anteriormente definidas, publicados desde el año 2010 hasta el mes de mayo de 2022. No se tuvieron en cuenta la gratuidad o disponibilidad en línea de los trabajos, puesto que la mayoría de ellos se encontraban con acceso abierto; aquellos cuya lectura requería un pago se obtuvieron finalmente por los convenios de la institución con determinadas bases de datos y revistas (ProQuest, Scopus, Taylor & Francis Group y Springer Link).

**Paso 5. Construcción de la matriz de análisis:** se construyó con la finalidad de sistematizar los artículos. Se tuvo en cuenta la indexación en Scopus, de la cual se crean cinco categorías que toman en consideración: el nombre del trabajo, revista a la cual pertenece, dirección DOI o ISSN, idioma, año de publicación, autores, palabras clave, resumen, acceso (abierto o de pago), resumen en su idioma original, en español y área de conocimiento a la cual se adscribe (biología, química, física, astronomía y geología). Inicialmente los parámetros tomados corresponden al trabajo de Vargas Sánchez y García Martínez (2021); sin embargo, esta se modificó de acuerdo con las necesidades propias del presente artículo.

**Paso 6. Búsqueda y selección de artículos:** se aplicó el filtro en cuanto al intervalo de años seleccionado (2010 hasta mayo 2022) y el área de conocimiento, usando operadores booleanos (AND, OR). Se obtuvo un total de 353 documentos que pasaron por una lectura sistemática (análisis de título, palabras clave y resumen), de la que quedaron 85 trabajos.

**Paso 7. Sistematización y análisis:** los 85 artículos se organizaron en la matriz; se les asignó un código, que corresponde a la clasificación de la revista en Scopus y el año de su publicación (Tabla 2), se inició el ejercicio de lectura, el cual generó tres categorías de análisis, adaptadas del trabajado de Vargas Sánchez y García Martínez (2021), las cuales se relacionan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Criterios usados para realizar el análisis de los documentos*

<b>Criterios</b>	<b>Definición</b>	<b>Aspectos que toma en cuenta</b>
<b>Criterios de análisis 1</b>	Características generales de los artículos.	<ul style="list-style-type: none"><li>• País de origen del primer autor de la publicación</li><li>• Año de publicación</li><li>• Idioma</li><li>• Tipo de indexación (nacional e internacional)</li></ul>
<b>Criterios de análisis 2</b>	Naturaleza de las experiencias planteadas y que dan sentido al trabajo.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Área específica de las ciencias naturales que trabaja</li><li>• Población a la cual va dirigido</li><li>• Integración interdisciplinar</li><li>• Origen de la experiencia</li><li>• Estrategia pedagógica usada</li><li>• Denominación de la experiencia</li></ul>
<b>Criterios de Análisis 3</b>	Elementos mediadores en la construcción tanto de la experiencia como del conocimiento.	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mediadores del conocimiento<ul style="list-style-type: none"><li>- TIC</li><li>- Historia de las ciencias</li><li>- Habilidades cognitivas y habilidades cognitivo-lingüísticas (HCL)</li></ul></li><li>• Mediadores de la experiencia<ul style="list-style-type: none"><li>- Evaluación</li><li>- Estructura</li><li>- Referentes</li></ul></li></ul>

*Nota.* Tomado y adaptado de Vargas Sánchez y García Martínez (2021).

**Paso 8. Reconstrucción de la matriz:** una vez se realizó la lectura de los artículos surgieron nuevos aspectos de clasificación, lo que llevó a reconstruir y/o enriquecer la matriz con categorías producto de la lectura. Entre los nuevos criterios resalta la manera en la cual se trabaja la interdisciplinariedad, el surgimiento de la experiencia, y el tomar en cuenta investigaciones publicadas en revistas que no hacen parte de los índices bibliográficos de Scopus.

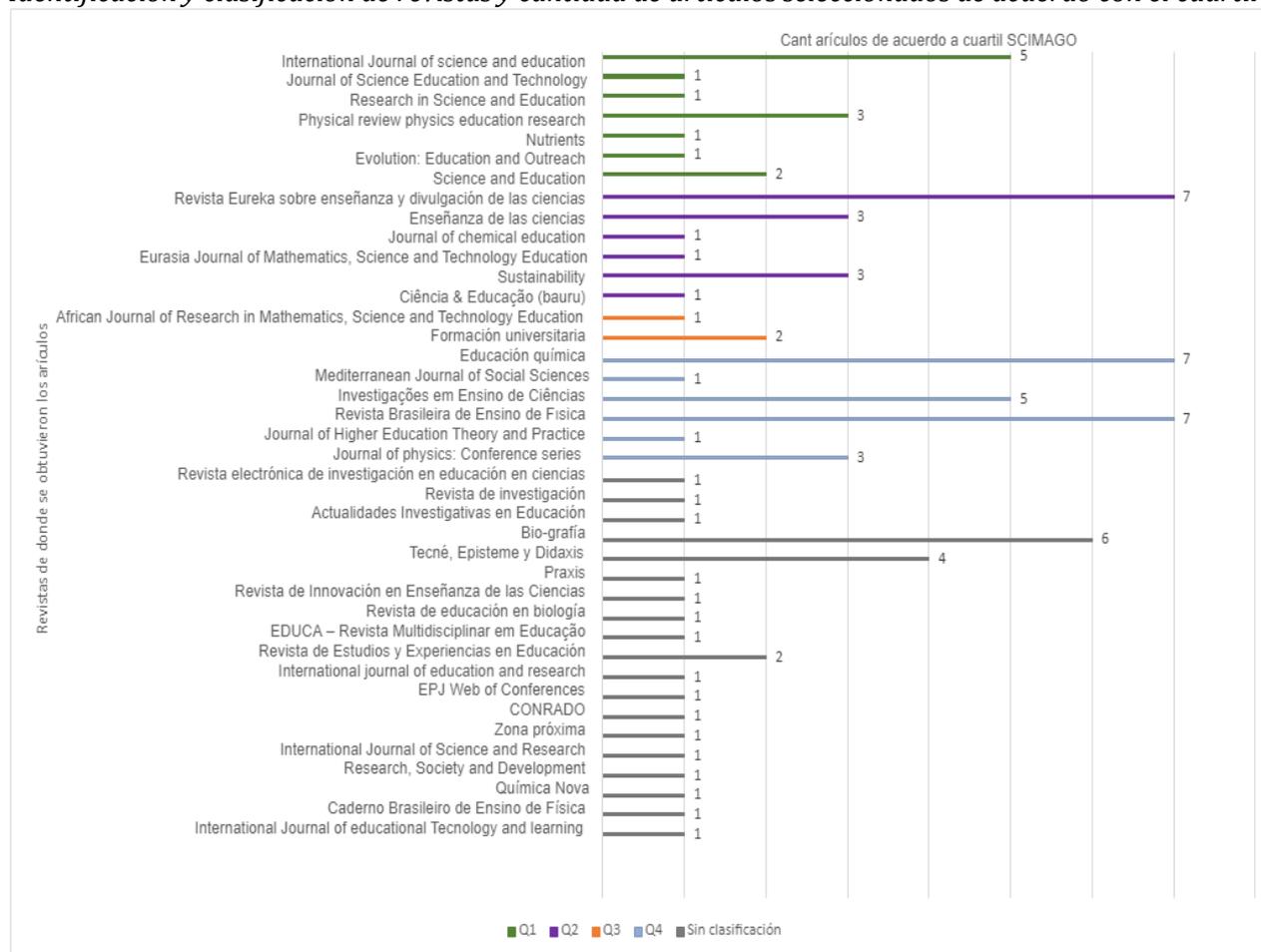
**Paso 9. Redacción del documento:** la fase final del trabajo corresponde a la redacción del documento con base en los datos obtenidos y las categorías mencionadas, para realizar el escrito se trabajan las categorizaciones mencionadas por Vargas Sánchez & García Martínez (2021).

### **Resultados y discusión**

El análisis de resultados se hizo a partir de la matriz construida, la cual se organizó según las categorías de análisis. La Figura 2 muestra el número de artículos publicados en cada una de las revistas, agrupadas según el cuartil de SCImago. La mayor parte de las investigaciones seleccionadas se encuentran en las categorías Q4 y “sin clasificación”.

**Figura 2**

*Identificación y clasificación de revistas y cantidad de artículos seleccionados de acuerdo con el cuartil*



En la Tabla 2 se muestra la información sobre los 85 artículos seleccionados y su clasificación, también aquellos cuyas revistas no entran en esta categoría.

**Tabla 2**

*Artículos implementados para la revisión*

Publicaciones clasificadas como Q1					
Cod.	Revista	Año	País de la experiencia	Idioma	Autores
1	<i>International Journal of Science Education</i>	2010	Italia	Inglés	Besson, U., Borghi, L., de Ambrosio, A., & Mascheretti, P.
2	<i>Journal of Science Education and Technology</i>	2012	España	Inglés	Hernández, M., Couso, D., & Pintó, R.
3	<i>International Journal of Science Education</i>	2012	Francia	Inglés	Givry, D., & Tiberghien, A.
4	<i>International Journal of Science Education</i>	2013	Suecia	Inglés	West, E., & Wallin, A.
5	<i>Research in Science Education</i>	2015	Finlandia	Inglés	Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J.
6	<i>Science and Education</i>	2015	Argentina	Inglés	Arriassetq, I., & Greca, I. M.
7	<i>Science and Education</i>	2015	Francia	Inglés	Archila, P.

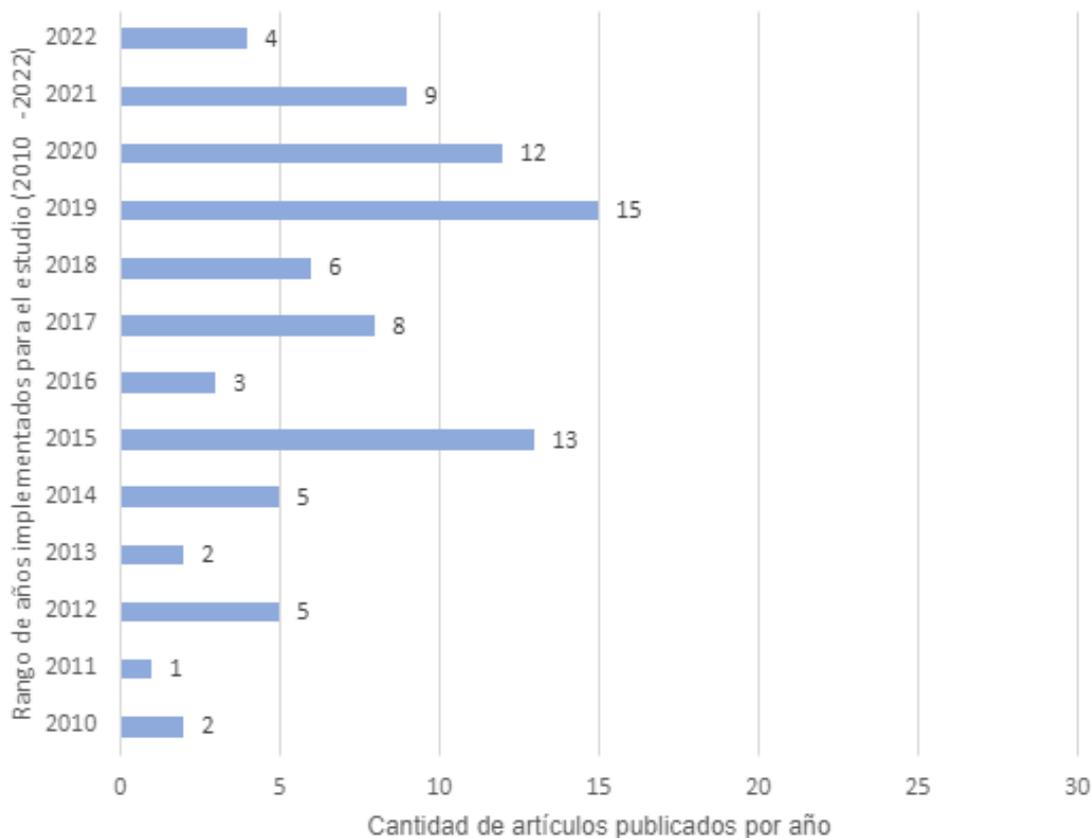
8	<i>International Journal of Science Education</i>	2016	Panamá	Inglés	Vázquez-Alonso, Á., Aponte, A., Manassero-Mas, M. A., & Montesano, M.
9	<i>Physical Review Physics Education Research</i>	2017	España	Inglés	Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutiérrez-Berraondo, J.
10	<i>Physical Review Physics Education Research</i>	2019	España	Inglés	Savall-Aleman, F., Guisasola, J., Rosa Cintas, S., & Martínez-Torregrosa, J.
11	<i>International Journal of Science Education</i>	2020	España	Inglés	Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á.
12	<i>Physical Review Physics Education Research</i>	2020	España	Inglés	Zuza, K., De Cock, M., Van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasola, J.
13	<i>Nutrients</i>	2020	España	Inglés	Gómez-García, G., Marín-Marín, J. A., Romero-Rodríguez, J. M., Ramos Navas-Parejo, M., & Rodríguez Jiménez, C.
14	<i>Evolution: Education and Outreach</i>	2022	Brasil	Inglés	Gomes, C. M., Sodré, D., da Costa, R. M., Magalhães, A., do Rosário, R. F., Ferrari, S. F., Gomes, G. F. E., Sampaio, I., & Vallinoto, M.
<b>Publicaciones clasificadas como Q2</b>					
15	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2010	México	Español	Zenteno Mendoza, B., & Garritz, A.
16	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	2012	España	Español	Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasola, J.
17	<i>Journal of Chemical Education</i>	2014	Italia	Inglés	Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A., & Roletto, E.
18	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2016	España	Español	Rodríguez Mora, F., & Blanco López, Á.
19	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	2017	Colombia	Español	Cortés Rodríguez, A., Reyes Roncancio, J., & Bustos Velazco, E.
20	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2017	Argentina	Español	Ocelli, M., Garcia-Romano, L., Valeiras, N., & Willging, P. A.
21	<i>Enseñanza de las Ciencias</i>	2018	Argentina	Español	Baranzelli, M. C., Boero, L., Córdoba, S., Ferreiro, G., Maubecin, C. C., Paiaro, V., Renny, M., Rocamundi, N., Sazatornil, F., Sosa-Pivatto, M., & Soteras, F.
22	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2018	Argentina	Español	Pérez, G., Gómez-Galindo, A., & González-Galli, L.
23	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2019	España	Español	Soto Alvarado, M. B., Couso Lagarón, D., & López Simó, V.
24	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2019	Argentina	Español	Bravo, B., Bouciguez, M. J., & Braunnüller, M.
25	<i>Sustainability</i>	2019	España	Inglés	Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P., & Hernández, À.
26	<i>Ciência &amp; Educação (Bauru)</i>	2020	Chile	Español	Rojas Conejera, A., Joglar, C., & Jara, R.
27	<i>Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias</i>	2021	España	Español	Greca, I., Ortiz-Revilla, J., & Arriasecq, I.
28	<i>Sustainability</i>	2021	España	Inglés	Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., Palacios-Agundez, I., & Zuazagoitia, D.
29	<i>Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education</i>	2022	España	Inglés	Ros, G., Fraile Rey, A., Calonge, A., & López-Carrillo, M. D.
30	<i>Educative Sciences</i>	2022	España	Inglés	Eugenio-Gozalbo, M., Ramos-Truchero, G., Suárez-López, R., Romanillos, M. S. A., & Rees, S.

Publicaciones clasificadas como Q3					
31	<i>African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education</i>	2015	Sudáfrica	Inglés	Sibanda, D., & Hobden, P.
32	<i>Formación Universitaria</i>	2015	Brasil	Español	Simões-Neto, J. E., da Silva, J. R. R. T., Cruz, M. E. B., & do Amaral, E. M. R.
33	<i>Formación Universitaria</i>	2017	Chile	Español	Faúndez, C. A., Bravo, A. A., Ramírez, G. P., & Astudillo, H. F.
Publicaciones clasificadas como Q4					
34	<i>Educación Química</i>	2011	Argentina	Español	Jubert, A., Pogliani, C., María Tocci, A., & Vallejo, A.
35	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2014	Colombia	Español	Castrillón, J., Freire, O., & Rodríguez, B.
36	<i>Mediterranean Journal of Social Sciences</i>	2014	Italia	Inglés	Rankhumise, M. P., & Raphoto, M. S.
37	<i>Educación Química</i>	2015	Chile	Español	Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F.
38	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	2015	Brasil	Portugués	Cunha Buffolo, A. C., & Rodrigues, M. A.
39	<i>Educación Química</i>	2015	México	Español	Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N.
40	<i>Educación Química</i>	2017	España	Español	López-Guerrero, M. d. M., Blanco López, Á., & Serrano Angulo, J.
41	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2017	Brasil	Portugués	De Araujo, A. V. R., Silva, E. S., De Jesus, V. L. B., & De Oliveira, A. L.
42	<i>Journal of Higher Education Theory and Practice</i>	2017	Jordania	Inglés	Aliedeh, M. A.
43	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	2018	Filipinas	Inglés	Magtolis, J. M., & Batomalaque, A. E.
44	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	2018	Chile	Inglés	Quirola, N., Marquez, V., Tecpan, S., & Baltazar, S. E.
45	<i>Educación Química</i>	2019	España	Español	Gómez Ochoa de Alda, J., Marcos-Merino, J. M., & Esteban Gallego, R.
46	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	2019	Brasil	Portugués	Rocha, J. A., & Silva, A. D. C. T. E.
47	<i>Journal of Physics: Conference Series</i>	2019	Tailandia	Inglés	Sujarittham, T., & Tanamatayarat, J.
48	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	2019	Brasil	Portugués	Da Silva, M. F., & Bossolan, N. R. S.
49	<i>Educación Química</i>	2020	México	Español	Catalá, R. M., & Palacios-Arreola, M. I.
50	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2020	Brasil	Portugués	Alves, P. V., Rizzuti, B. F., & Gonçalves, R.
51	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2020	Brasil	Portugués	De Carvalho Júnior, Á. B., Lopes, M. H. T., Carvalho, A. C. N. M., Vieira, A. W., & Garcia, D. C. F.
52	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	2020	Brasil	Portugués	Santos, D. F., & Prudêncio, C. A. V.
53	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2021	Brasil	Portugués	Mesquita, L., Brockington, G., Testoni, L. A., & Studart, N.
54	<i>Investigações em Ensino de Ciências</i>	2021	Brasil	Portugués	Fernandes, F., & Lorenzetti, L.
55	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2021	Brasil	Portugués	Lima, N., Cavalcanti, C., & Ostermann, F.
56	<i>Revista Brasileira de Ensino de Física</i>	2021	Brasil	Inglés	Rodrigues, D. S., & Arnold, F. J.
57	<i>Educación Química</i>	2022	Chile	Español	Gallardo, F., & Merino, C.
Sin clasificación					
58	<i>Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias</i>	2012	Argentina	Español	Bravo, B. M., Pesa de Danon, M. A., & Rocha, A. L.
59	<i>Revista de Investigación</i>	2012	Colombia	Español	Umbarila Castiblanco, X.

60	<i>Actualidades Investigativas en Educación</i>	2013	Panamá	Español	Aponte Rojas, A., Aguilar González, R., & Austin de Sánchez, I.
61	<i>Bio-Grafía</i>	2014	México	Español	López-Mota, Á., & Moreno-Arcuri, G.
62	<i>Tecné, Episteme y Didaxis</i>	2014	Colombia	Portugués	Santos, J. N. dos, & Fontana, G. M. J.
63	<i>Tecné, Episteme y Didaxis</i>	2015	Colombia	Español	Guarnizo Lozada, M. A., Puentes Luna, O. L., & Amórtegui Cedeño, E. F.
64	<i>Tecné, Episteme y Didaxis</i>	2015	Colombia	Español	Ramos R, M., & Muñoz A, L.
65	<i>Bio-Grafía</i>	2015	Colombia	Español	Cano, D., Echeverri, E., & Giraldo, P.
66	<i>Bio-Grafía</i>	2015	Colombia	Español	Orozco Marín, Y. A., & Perdomo Gómez, J. H.
67	<i>Bio-Grafía</i>	2015	Colombia	Español	Cabiativa Hernández, E. N., & Cuellar López, Z.
68	<i>Praxis</i>	2016	Colombia	Español	Cárdenas-Ojeda, M.
69	<i>Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias</i>	2017	Chile	Español	Morales, C., & Salgado, Y.
70	<i>Revista de Educación en Biología</i>	2018	Brasil	Portugués	Amoroso de Andrade, P., Faria Souza, D. T., Vallente, L. C., Borri, A., De Andrade Santos, A., Marty Felix, C., Gomes da Costa, D., Grandi, L. A., Cangussu Della Villa, T., & Popak Maria, T.
71	<i>EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação,</i>	2018	Brasil	Portugués	Bezerra, A., Rodrigues, D. V., Cavalcante, F. S. A., Nogueira, P. G., & Lima, R. A.
72	<i>Bio-Grafía</i>	2019	Colombia	Español	Martínez Suárez, L., Calderón Benítez, D., & Duarte Diaz, J. J.
73	<i>Revista de Estudios y Experiencias en Educación</i>	2019	Brasil	Español	Ribeiro Sousa, A., Moreira, M. D., Bovolenta Ovigli, D. F., Oliveira, A. R., & Colombo Junior, P. D.
74	<i>Revista de Estudios y Experiencias en Educación</i>	2019	Chile	Español	Silva Córdova, R., Castro Berríos, D., & López Donoso, E.
75	<i>Bio-Grafía</i>	2019	Colombia	Español	Arango Velásquez, A., Grajales Mejía, Y. A., Palacios Ledesma, N. P., & Ríos Atehortúa, L. D.
76	<i>International Journal of Education and Research</i>	2019	México	Inglés	Salazar, E., Adolfo, R., Obaya, E., Giammatteo, L., & Vargas-Rodríguez, Y.
77	<i>EPJ Web of Conferences</i>	2019	Brasil	Inglés	Rincón Voelzke, M., & De Lima Barbosa, J. I.
78	<i>Conrado</i>	2019	Colombia	Español	Cruz, R., & Muñoz, J.
79	<i>Zona Próxima</i>	2020	Colombia	Español	González-Cardona, M. Z., & Morales-Pinzón, T.
80	<i>International Journal of Science and Research</i>	2020	México	Inglés	Hernández Bravo, M. P., Obaya Valdivia, A. E., Montañón Osornio, C., & Vargas-Rodríguez, Y. M.
81	<i>Tecné, Episteme y Didaxis</i>	2020	Colombia	Español	Vega Gómez, Y. P., & Callejas Restrepo, M. M.
82	<i>Research, Society and Development</i>	2021	Ecuador	Inglés	Vélez Ruiz, M. C., & Dos Santos, J. C.
83	<i>Química Nova</i>	2021	Colombia	Español	Amador-Rodríguez, R., Insuasty, D., Méndez-López, M., & Márquez, E.
84	<i>Caderno Brasileiro de Ensino de Física</i>	2021	Brasil	Portugués	Silva, V. P., Guimarães, M. H. U., & Passos, M. M.
85	<i>International Journal of Educational Technology and Learning</i>	2021	México	Inglés	Rodríguez Barocio, Y., Obaya Valdivia, A. E., & Vargas-Rodríguez, Y. M.

### **Criterios de análisis 1**

Estos primeros criterios corresponden a la información general de los artículos seleccionados. Para el año de publicación se eligió el intervalo de tiempo entre el 1 de enero de 2010 hasta 31 de mayo del año 2022, como se puede observar en la Figura 3.

**Figura 3***Artículos publicados entre 2010-2022*

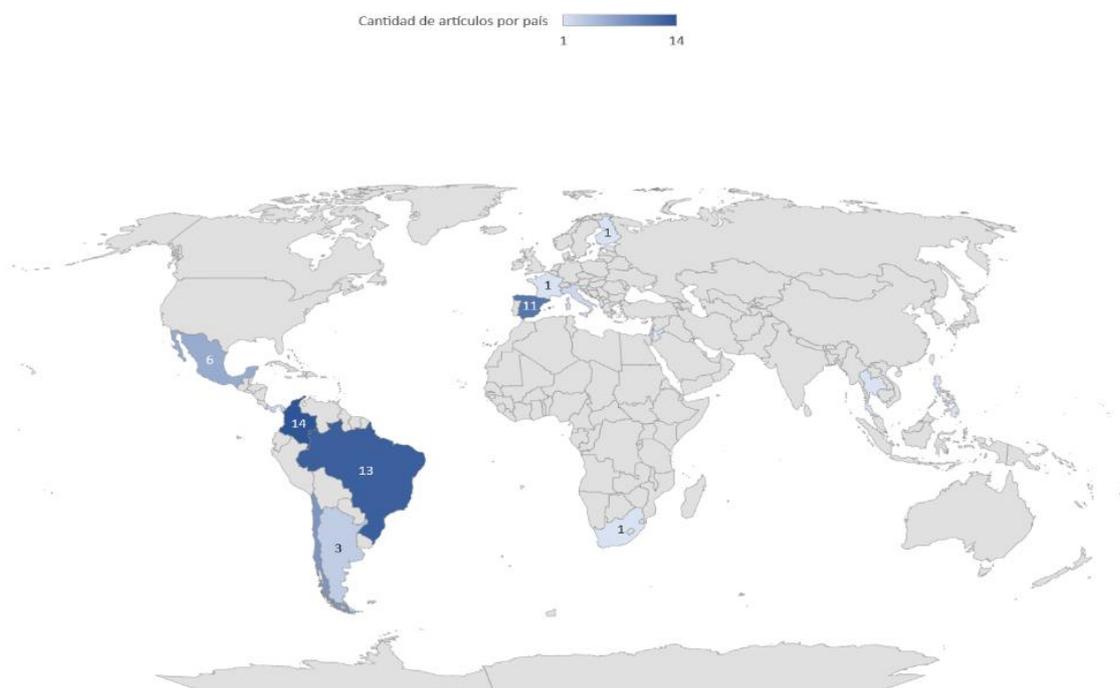
*Nota.* Hace referencia a la cantidad de artículos tomados para la elaboración del estudio.

La mayor parte de los artículos seleccionados según los criterios de búsqueda en las bases de datos y posteriormente seleccionados por los investigadores corresponden al año 2019 con un total de 15 trabajos, que corresponde a un 17.64 %. Es importante recordar que los artículos fueron seleccionados a partir de criterios de búsqueda (palabras claves) que responden a un marco teórico actual en la enseñanza de las ciencias naturales. En este sentido, se evidencia que desde el 2015 hay un aumento en las publicaciones, ya que el 82.35 % está en el intervalo de tiempo 2015-2022. La investigación en este campo ha tenido un auge en los últimos años, lo que permite el desarrollo de herramientas y recursos didácticos para la enseñanza de las ciencias, que pueden ser considerados por los profesores al momento de diseñar sus propuestas de enseñanza y aprendizaje.

La Figura 4 muestra la cantidad de artículos por país; el 21.17 % son publicados por autores brasileños; sin embargo, es importante señalar que Brasil es el país de procedencia del primer artículo, por ello los artículos con códigos 14, 32, 73, 77 de la Tabla 2, el idioma de la publicación no es portugués.

### Figura 4

Países en donde se desarrolla la experiencia investigativa

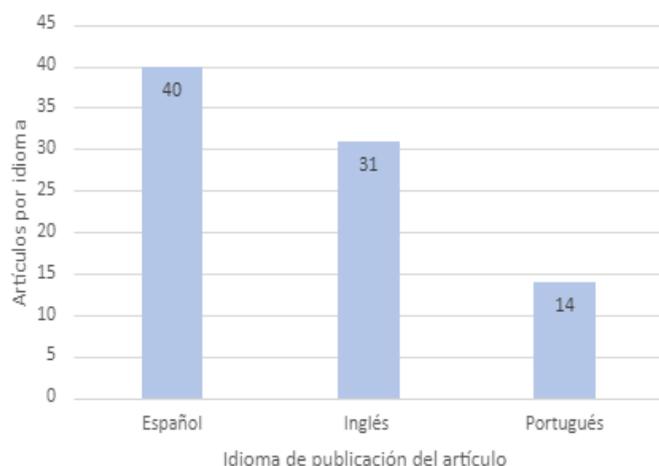


Nota. Hace referencia a los artículos implementados para la elaboración del estudio.

El 63.52 % de los artículos revisados se han realizado en países hispanohablantes; sin embargo, solo el 34 % están escritos en español, quizás sea debido a que gran parte de estos trabajos se están escribiendo en inglés (Figura 5). Este idioma sigue predominando en muchos casos, ya que en palabras de Encalada-Díaz (2017), históricamente los artículos publicados en inglés tienen una más alta difusión y aceptación en la comunidad científica, mostrando de esta forma una mayor posibilidad de aprobación en los distintos sectores. Además, se consideran tres aspectos que pueden explicar estos resultados: 1) al hacer la búsqueda en las bases de datos especializadas, las palabras claves generalmente usadas por los investigadores están escritas en inglés; 2) hay mayor número de revistas indexadas que provienen de países de habla inglesa; y 3) las casas editoriales toman el inglés como base general de publicación para toda la revista.

### Figura 5

Idioma de publicación del artículo

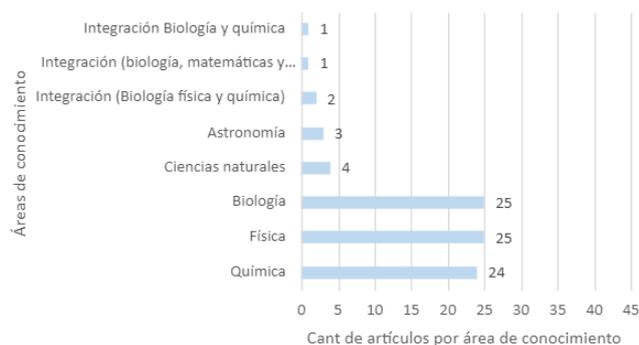


### **Criterios de análisis 2**

A partir de la lectura de los 85 artículos, se pudo establecer características en común que permiten comprender la naturaleza misma de los trabajos realizados, responder a la pregunta de cómo se organizan los contenidos en ciencias naturales y que, además, permitieron enriquecer en mayor medida las propias categorías que se habían establecido inicialmente. Para comenzar, se tienen en cuenta aspectos como la rama de las ciencias naturales en la cual se organizan los contenidos que son objeto de enseñanza (Figura 6).

#### **Figura 6**

##### *Investigaciones por áreas de conocimiento*



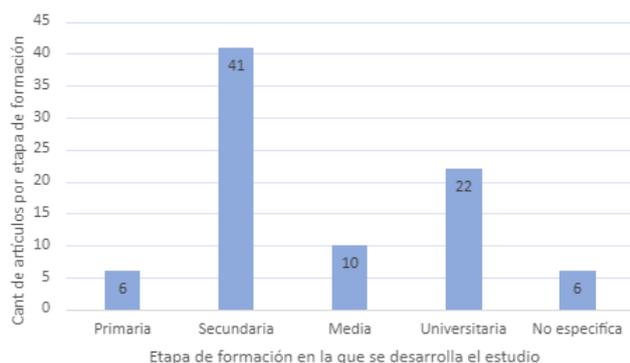
Un 29.41 % de los trabajos seleccionados se desarrollaron en el área de física. Esto puede deberse al hecho de los temas de esta área se tratan desde el razonamiento lógico matemático y no desde el propio campo fenomenológico de la física, lo que puede generar un rechazo y bajo rendimiento por parte del alumnado. Además, si la manera en la que esta se enseña no devela una utilidad en el entorno del alumno y el recurso matemático implementado no cuenta con suficiente soporte, puede resultar en un ejercicio netamente memorístico (Carranza et al., 2011).

Otro aspecto que llama la atención es la poca integración interdisciplinar. Solo se evidencia en un 16.47 % de los artículos analizados, quizás sea debido a la especificidad de la didáctica de cada disciplina. Esta situación destaca la importancia de comenzar a generar mecanismos y lenguajes comunes en las ciencias con el ánimo de facilitar su comprensión e interconexión para generar un mejor aprendizaje y aplicabilidad (Izquierdo Aymerich, 2022).

Si bien algunos estudios se presentan en el área de educación primaria (6 a 10 años) y media (16 a 18 años) —7.05 y 11.76 % respectivamente—, el área de mayor incidencia, con un 48.23 % de los trabajos, fueron propuestos para estudiantes de secundaria (11 a 15 años), seguido de la formación universitaria (16 años en adelante) con un 25.88 % (Figura 7). Con base en estos datos, se establece que en secundaria el área de física y biología es la que ha representado un mayor reto para los docentes, si se compara con otras disciplinas de las ciencias naturales.

#### **Figura 7**

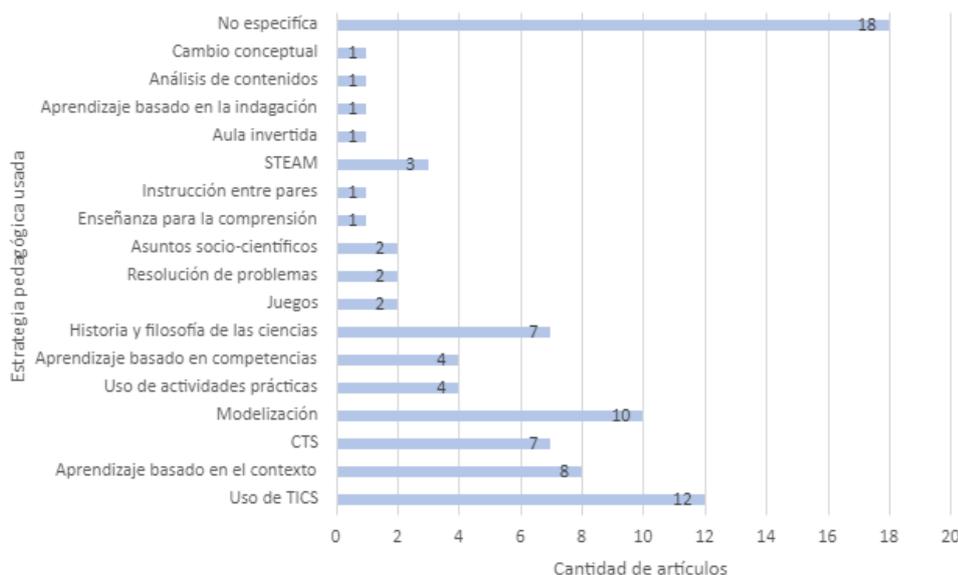
##### *Etapas educativas en la cual se desarrolla la investigación*



En cuanto a la estrategia pedagógica usada se aprecia un creciente uso de las TIC y la gamificación, como respuesta a las necesidades actuales. Desde el 2015 se ve un auge de propuestas que incluyen las nuevas tecnologías, que favorecen el desarrollo de habilidades digitales, además de fortalecer la regulación, planeación, desarrollo y evaluación de los contenidos (García-Martínez et al., 2018). El uso de estas supone una innovación en cuanto al diseño que, como se puede apreciar en la Figura 8, es un generador del 5.88 % de las experiencias.

**Figura 8**

*Estrategia pedagógica usada*



Otra estrategia empleada es la denominada aprendizaje basado en el contexto, que busca generar una aplicabilidad de los conocimientos con base en el entorno inmediato del estudiantado. La necesidad de generar una visibilidad y/o aplicabilidad del conocimiento genera el 8.23 % de las experiencias. En palabras de Quijano Hernández (2018) “este tipo de modelo da sentido a las situaciones y son el pretexto para la construcción de explicaciones” (p. 4), permite la creación de modelos mentales más complejos de acuerdo con sus necesidades.

Frente a la estrategia de modelización se observa que un 8.23 % de los trabajos tomados tienen este enfoque de formación en los estudiantes. De esta forma, la modelización se considera como una reconstrucción de las representaciones que crea el alumno y cómo estas pueden ser empleadas para alcanzar aprendizajes significativos (Tamayo Alzate, 2013). Es allí donde la modelización con diversas herramientas tecnológicas busca que los estudiantes hagan representaciones que corresponda a la representación de la realidad del fenómeno, lo cual requiere reflexión, búsqueda e indagación de información, habilidades necesarias para introducir en el aula otras estrategias como la resolución de problemas (Gaulin, 2001).

En esta misma perspectiva, se ubica la estrategia CTS (ciencia, tecnología y sociedad). Los asuntos sociocientíficos y el uso de controversias en donde los fenómenos científicos se tratan en sus dimensiones sociales, políticas y culturales, entre otras, permiten considerar la ciencia como un proceso humano, que hace parte de la cultura, y de esta manera aproximar a los estudiantes a comprender la estrecha relación que hay entre el desarrollo del conocimiento científico y los aspectos sociales, económicos y políticos, entre otros (Schlierf, 2010).

Una de las nuevas líneas de investigación es la metodología STEAM, que además de las matemáticas, ingeniería, tecnología y ciencia permite incorporar el arte, para generar una mayor motivación en el estudiantado (Meza González & Duarte Abarca, 2020). Desde esta óptica se encontraron un 10.58 % de los trabajos tomados. Por otro lado, para el desarrollo de la autonomía y autorregulación surgen metodologías como el aula invertida y el aprendizaje entre pares, en donde el

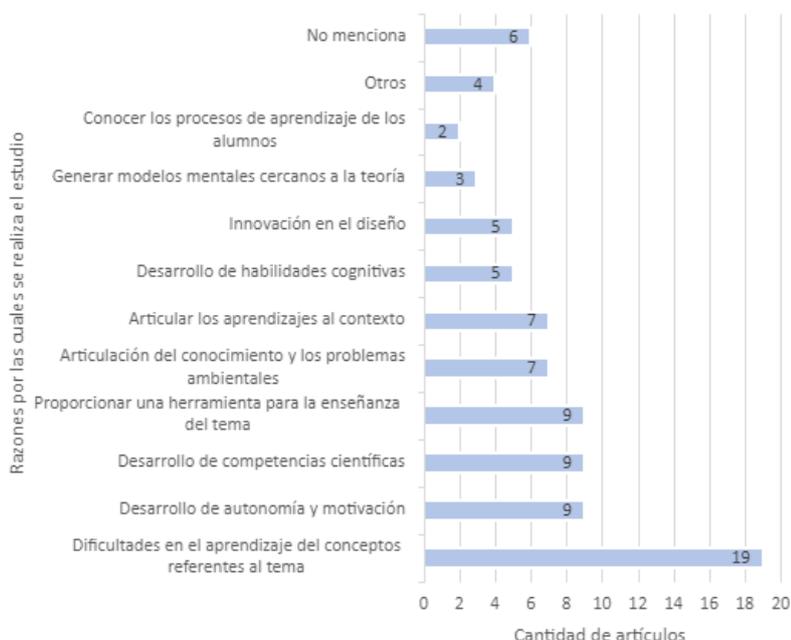
estudiante comienza a ser más activo en sus procesos, alcanzando casi que de forma personalizada las competencias u objetivos planteados (Aguilera-Ruiz et al., 2017).

La estrategia empleada es parte fundamental de cómo se organizan las actividades en el aula, puesto que da una base para trazar el plan de acción con el cual se pretende alcanzar el objetivo final, que es tanto el desarrollo de habilidades cognitivas como la comprensión de los fenómenos objeto de estudio en las diversas disciplinas que abarcan las ciencias naturales.

En la Figura 9 se señala la cantidad de trabajos considerando las problemáticas que dieron origen a la investigación. Se destaca que un 22.35 % de los trabajos surge debido a la complejidad de los temas y las dificultades que tiene el estudiantado en la comprensión de los conceptos, ya que muchos de los conceptos, especialmente en química y física, requieren procesos de abstracción y desarrollo de pensamiento hipotético deductivo. Además, se hace énfasis en la matematización del fenómeno y en su comprensión. Esta situación puede generar frustración y rechazo (Carranza et al., 2011), así como actitudes negativas hacia estas asignaturas.

**Figura 9**

*Origen de la investigación*



*Nota.* Hace referencia a las razones por las cuales surgen las diferentes investigaciones abordadas en la revisión.

Conforme a la pregunta planteada inicialmente, en la Figura 10 se presentan las diversas denominaciones que se reportan en los 85 artículos revisados. La secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA o TLS, por sus siglas en inglés), con un 28.23 %, es la forma más común de denominación, y es ampliamente usada en países angloparlantes, donde se ha referencia a la pedagogía y no a la didáctica, que es el caso de países hispanos, en los que la denominación secuencia y propuesta didáctica son más usadas con 22.35 % y 20 % respectivamente.

**Figura 10**

*Denominación del sistema de organización de contenidos*



Esta denominación da respuesta a cómo se van a organizar, estructurar y abordar los contenidos; cada una tiene características propias. Una SEA se entiende como una progresión del conocimiento, una organización del propio proceso de aprendizaje (Bingham & Davis, 2012), que tiene en cuenta el camino a seguir y los resultados esperados por el estudiante (MéHeut & Psillos, 2004). Allí hay una estrecha relación entre la dimensión epistemológica y pedagógica (MéHeut, 2005). Por otro lado, una secuencia didáctica, según Tobón (2010) es el “conjunto articulado de actividades de aprendizaje y evaluación que, con la mediación de un docente, buscan el logro de determinadas metas educativas” (p. 20); es allí donde se encuentra la primera diferencia, y es que esta última no tiene en cuenta las progresiones que se deben ir dando y, por ende, considera el aprendizaje como un proceso no necesariamente lineal.

En cuanto a unidad didáctica, este es un conjunto de elementos pedagógicos, los cuales se organizan para desarrollar en un tiempo y espacio determinado un tema (Gómez & Puentes, 2017). No necesariamente tiene en cuenta una progresión, por lo que resulta ser similar a las propuestas y estrategias didácticas, las cuales acogen los métodos, medios y técnicas para alcanzar un objetivo en específico (Hernández Arteaga et al., 2015).

Finalmente, se encuentran otras denominaciones como lo son los proyectos de aula, secuencias de actividades y actividades de aprendizaje; la primera de estas se centra en la realidad del aula, hace una jerarquización de los contenidos y se desarrollada mediante la metodología de proyectos (Carrillo, 2001). En cuanto al segundo y tercer término, no se encuentra mucha información al respecto más que la mencionada por el propio trabajo, que luego la lectura se puede definir como: una serie de actividades de manera secuenciada que tienen como fin el desarrollo o cumplimiento de una meta en donde no se especifican tiempos o espacio.

Cada una de estas formas de organización de los contenidos encuentran puntos en común entre sí y dan respuesta a un objetivo pedagógico y didáctico, sus diferencias radican de manera general en la forma en la cual se introducen los mismos y cómo se va a lograr los objetivos establecidos en cada una de las propuestas.

### ***Criterios de análisis 3***

En este apartado se han establecido categorías que se consideran fundamentales para la estructuración de los contenidos, sus explicaciones y el desarrollo del pensamiento científico, así como de las habilidades y competencias mencionadas por los distintos organismos reguladores de la educación (Jorba et al., 2000; Paredes & García-Martínez, 2022). En primera instancia, se encuentran aquellas que actúan como mediadoras en la construcción del conocimiento, que se encuentran explícitas en el sistema de organización de contenidos y se centran en lo que se busca desarrollar en los

estudiantes. Por otro lado, se tienen aquellas que funcionan como mediadoras de la experiencia, las cuales se enfocan en la concepción que tiene el docente acerca de la enseñanza y la construcción de los propios sistemas de actividades.

#### *Mediadoras en la construcción del conocimiento*

- Tecnologías de la información y la comunicación

El primero de estos aspectos es la incorporación de nuevas herramientas tecnológicas e informáticas en el marco de las clases de ciencias naturales, esta categoría se dividió en dos secciones, que se relacionan en la Tabla 3.

**Tabla 3**

#### *Implementación de las TIC*

<b>Incorporación nuevas herramientas tecnológicas e informáticas</b>	<b>Artículos</b>
<i>TIC como elemento central</i> Se refiere a aquellos trabajos en los cuales la experiencia y el diseño gira en torno a la implementación de las TIC.	13,20, 24, 30, 33, 35, 37, 39, 48, 56, 80, 85.
<i>TIC como apoyo</i> Experiencias en las cuales estas herramientas son un complemento de las actividades, mas no una parte fundamental en el diseño.	2, 7, 8, 11, 14, 15, 17, 21, 23, 24, 25, 27, 31, 32, 40, 41, 43, 45, 46,47, 49, 51, 52, 53, 55, 59, 62, 66, 73, 75, 76, 79, 82, 84.

La intencionalidad en la incorporación de las TIC es uno de los elementos a tener en cuenta, dado que puede ser una respuesta a la manera en la que los docentes buscan renovar su práctica profesional. Según la clasificación de Quintanilla y Vauras (2021), los principales tipos de *software* educativo en la categoría de TIC como elemento central son: multimedia (lineal) e hipermedia (no lineal); estos programas se definen como aquellos que combinan diversos tipos de información. Algunos ejemplos de estos trabajos son los desarrollados por Gómez-García et al. (2020), Occelli et al. (2017), Simões-Neto et al. (2015) y Faúndez et al. (2017).

Otro tipo de *software* implementado son los simuladores que, como su nombre indica, simulan un entorno real y permiten la modificación de variables y, por ende, contrastar hipótesis. Estos se han aplicado en las experiencias de Faúndez et al. (2017), Simões-Neto et al. (2015), Castrillón et al. (2014), Da Silva y Bossolan (2019), Rodrigues y Arnold (2022) y Rodriguez Barocio et al. (2021).

Es importante mencionar que la realidad virtual aumentada, que permite la alternación entre imágenes digitales y la realidad, solo se evidencia en la experiencia de Merino et al. (2015). Resulta llamativo que, a pesar de los grandes avances en estas tecnologías, para su uso en educación en la última década, haya pocos estudios que la exploren en este contexto. Cada uno de los artículos que se basa en el uso de las TIC utiliza bases de datos, como buscadores expertos, para respaldar su investigación.

- Historia de las ciencias

La consideración de la historia de las ciencias (HC) como uno de los elementos claves para la elaboración de sistemas de organización de actividades parte del hecho de que son más que un elemento de conceptualización. A partir de ellas se puede dar pie al desarrollo de habilidades como la formulación de preguntas, a la vez que estas son más interesantes y contextualizadas, permitiendo la comprensión no solo de los aspectos netamente relacionados con las ciencia, sino que brindan un punto de vista social y cultural (Izquierdo et al., 2014; Izquierdo & Sanmartí, 1990; Paredes & García-Martínez, 2022). Al igual que en el apartado anterior se ha dividido en dos secciones, relacionadas en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Incorporación de la historia de las ciencias.*

<b>Historia de las ciencias</b>	<b>Artículos</b>
<i>HC como elemento central</i> Trabajos en los cuales la HC juega un papel fundamental en el diseño, siendo un elemento central en las actividades planteadas.	1, 4, 6, 7, 16, 38, 61, 78, 80, 84.
<i>HC como elemento de conceptualización</i> Investigaciones en las cuales la HC tiene un papel secundario y se implementa como una herramienta para la introducción de conceptos y/o teorías.	2, 14, 32, 50, 54, 64.

- Habilidades cognitivas y cognitivo-lingüísticas

Parten de considerar un modelo constructivista, donde la construcción de conocimiento está mediada y/o influenciada tanto por las experiencias individuales del estudiantado como de la escuela y las interacciones que tiene con cada uno de los actores educativos, entre otros factores. Estas habilidades juegan un papel importante en el proceso de socialización del estudiante, permiten vislumbrar la manera en que está estructurando el conocimiento y evaluar la progresión de este, así como procesos de negociación de significados (Vigotsky, 1979, 1995; Jorba et al., 2000). Estos aspectos se consideran claves a la hora de proponer un diseño.

Si bien ninguno de los trabajos tomados se centra en el desarrollo de dichas habilidades, de manera implícita se trabajan en las actividades planteadas, puesto que se encuentran encaminadas al fomento de competencias tales como explicar, argumentar y justificar, que apuntan a lo descrito como HCL en el trabajo de Jorba et al. (2000). Es importante resaltar que, aunque no hay un orden lineal en el desarrollo de dichas habilidades, sí se presenta un distinto grado de complejidad en estas, por lo que llama la atención que en ninguno de los trabajos se mencione de manera explícita HCL como el describir o demostrar, consideradas también HCL, y que son importantes en las ciencias naturales.

Para lograr hablar y/o escribir de manera adecuada es necesario contar con determinadas habilidades cognitivas tales como secuenciar, organizar, numerar, categorizar, entre otras por lo que también se tomaron en cuenta trabajos que mencionen dichas actividades, la Tabla 5 presenta la relación.

**Tabla 5**

*Desarrollo de habilidades cognitivas y cognitivo-lingüísticas*

	<b>Artículos</b>
<i>Desarrollo de HCL y habilidades cognitivas</i> Trabajos en los cuales se busca potenciar habilidades como el definir, describir, resumir, explicar, justificar, argumentar y demostrar.	2, 3, 4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 47, 48, 49, 53, 54, 58, 63, 64, 66, 69, 72, 74, 75, 81, 83, 84.

*Mediadoras de la experiencia*

- Evaluación

La evaluación es uno de los elementos más importantes a la hora de determinar el éxito no solo del diseño, sino de la propia labor docente. Este proceso es continuo y no se debe entender como un elemento empleado únicamente al finalizar una experiencia, sino que, al contrario, es un recurso que genera un plan de acción de mejora que encamina el desarrollo de cada una de las sesiones de clase (Vargas, 2011). La Tabla 6 relaciona los artículos en los cuales se puede evidenciar un proceso continuo de evaluación.

**Tabla 6***Incorporación de los procesos de evaluación*

<b>Evaluación</b>	<b>Artículos</b>
Trabajos en los cuales se trabaja la evaluación como un proceso continuo.	9, 11, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 27, 29, 30, 32, 33, 34, 35, 38, 47, 58, 60, 64, 70.

Aunque se pueda entender que cada una de las investigaciones analizadas apunta a la evaluación formativa, no es claro la manera como se realiza y los instrumentos que usa; pocas son las experiencias en las cuales se evidencian nociones de una evaluación procesual y continua. Una de las situaciones que más llaman la atención es que, si bien en una gran parte de trabajos se implementa un pretest, este se encuentra centrado en determinar aspectos de orden conceptual, dejando de lado componentes procedimentales y actitudinales, los cuales son de suma importancia a la hora de plantear cualquier experiencia pedagógica y didáctica.

Otro de los aspectos que se pueden evidenciar es que, si bien la evaluación debe estar encaminada al grado de cumplimiento de los objetivos, esta debe tener parámetros y criterios que permitan que se realice de manera objetiva. Gran parte de las investigaciones no plasman estos elementos y demás indicadores que se tuvieron en cuenta a la hora de evaluar tanto el proceso de los estudiantes como el propio sistema de organización.

La inclusión de una evaluación crítica se considera una de las mejores oportunidades de aprendizaje, y esto no solamente aplica para los estudiantes, sino para los mismos profesores y diseñadores de experiencias educativas. No obstante, en los resultados y análisis de los trabajos estudiados no se evidencian los puntos críticos, falencias, dificultades, tensiones y/o aspectos a mejorar. Estos son de vital importancia para el lector, puesto que no solo permite una visión real de la experiencia, sino que abre camino a la reconstrucción y mejora. Un gran ejemplo de dicha inclusión es el trabajo de Guisasola et al. (2017) en la cual una parte importante del análisis se centra en la manera y grado en el cual se alcanzaron los objetivos y las dificultades que se tuvieron en el desarrollo.

- Estructura

Llama la atención la construcción del propio sistema de actividades, si bien en los criterios de análisis se mencionaron las diferentes denominaciones que se daban a cada uno de estos, la estructura entre uno y otro tiende a tener similitudes, es por esto por lo que este ítem se dividió en dos categorías: la primera, cuyos trabajos presenta una estructura definida, la segunda, se refiere a aquellos trabajos en los cuales solamente se describen las actividades implementadas. La Tabla 7 relaciona estos trabajos.

**Tabla 7***Estructura de los sistemas de actividades*

<b>Estructura</b>	<b>Artículos</b>
<i>Presentan una estructura definida</i> Artículos que muestran una organización definida del modelo de la experiencia implementada, aspecto que es fundamental para que el lector comprenda el trabajo desarrollado de manera integral.	1, 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 18, 19, 21, 22, 26, 27, 28, 29, 30, 33, 46, 48, 53, 54, 67, 76 80, 81.
<i>Describen las actividades</i> Artículos que presentan la descripción de las actividades que se desarrollaron sin describir un modelo de experiencia en particular.	2, 4, 5, 12, 14, 15, 17, 20, 23, 24, 25, 31, 32, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 47, 49, 50, 51, 55, 56, 57, 58, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 75, 79, 82, 84, 85.

Es importante tener en cuenta que, indistintamente de la denominación, la única forma en la que se evidenció la organización de actividades es en tipo rejilla o tablas. Esto se puede deber a que es la manera más sencilla de organizar y representar la información; luego de la lectura detallada de estos trabajos, se establecieron los siguientes puntos en común, que consideramos son primordiales a la hora de diseñar.

- Competencias, indicadores y/u objetivos.

- Caracterización del grupo.
- Plan de trabajo de cada una de las sesiones.
- Tiempo de la experiencia en su totalidad y distribución de este en las sesiones.
- Herramientas, materiales y demás recursos físicos, técnicos y humanos.
- Resultados esperados.

- Referentes

Si bien en el diseño se encuentran puntos en común, este no es universal y se ve mediado por las propias construcciones y modelos de los docentes, los cuales varían en función de los referentes de base o que son el punto de partida para la propia elaboración del sistema de organización. Estos a su vez se encuentran influenciados por factores como: lineamientos curriculares de cada una de las ciudades y/o países, las líneas de investigación que se trabajen, las dificultades encontradas en los diagnósticos, así como las pruebas usadas para ello, entre otros. Sin embargo, con el fin de realizar una recopilación, la Tabla 8 presenta los autores más citados e implementados como referentes a la hora de pensar y construir el sistema de organización de actividades.

**Tabla 8**

*Autores más citados en artículos revisados*

<b>Autor</b>	<b>Artículos</b>	<b>Consideraciones</b>
MéHeut, M.	1, 4, 5, 7, 10, 11, 12, 15, 16, 29, 32, 37, 42, 53, 68 y 73	Docente en Université Paris Diderot. Su línea de investigación es la didáctica de las ciencias. Sus trabajos se implementan como referente mayormente en países europeos y en experiencias en las cuales el sistema de organización de actividades se denomina secuencia de enseñanza y aprendizaje o <i>teaching learning sequence</i> .
Guisasola, J.	12, 16, 24, 28 y 30	Pertenece al Departamento de Física Aplicada de la Universidad del País Vasco y está enmarcado en la línea de la didáctica de las ciencias experimentales. Sus investigaciones son un referente principalmente para autores hispanohablantes de Europa y Latinoamérica, los cuales realizan experiencias bajo el modelo de secuencias de enseñanza y aprendizaje.
Sanmartí, N.	16, 18, 22, 26, 39, 67, 68, 69, 75 y 79	Integra el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universitat Autònoma de Barcelona. Sus trabajos son una base conceptual para investigadores hispanohablantes. Al ser "didáctica" un término propio de estos países, la mayoría de los trabajos que la toman como referente implementan sistemas tales como unidad o secuencia didáctica.
Izquierdo, M.	37, 70, 79 y 83	Integra el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universidad Autònoma de Barcelona. Sus investigaciones se enmarcan en la didáctica de las ciencias experimentales y la historia de las ciencias. Es un referente para autores hispanohablantes de Latinoamérica y Europa, quienes implementan sistemas como secuencias y unidades didácticas.
Adúriz-Bravo, A.	24, 37, 58 y 83	Integra el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas y es catedrático en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires. Sus trabajos han tenido gran influencia de Izquierdo y Sanmartí, enmarcándose de igual forma en la didáctica de las ciencias experimentales. Es referente para investigaciones realizadas en Latinoamérica y España, las que implementan sistemas tales como unidades didácticas y/o secuencias didácticas.
Matthews, M.	8, 12 y 26	Sus trabajos se han enmarcado en el campo de la filosofía e historia de las ciencias. En los artículos revisados se implementan a la hora de hablar de SEA, TLS y secuencia didáctica; sin embargo, llama la atención que los dos primeros términos se implementen únicamente cuando las investigaciones son realizadas en inglés.
Pozo, J.	20, 26, 28 y 58	Si bien su campo de conocimiento es la psicología, y es catedrático en el departamento de Psicología Básica de la Universidad Autónoma de Madrid, sus trabajos se desarrollan en torno a los procesos cognitivos en el aprendizaje de las ciencias y han sido implementados como referente en experiencias realizadas en países hispanohablantes, con sistemas como la unidad o secuencia didáctica.
Linder, C.	2 y 4	Profesor en el departamento de Astronomía y Física de la Universidad de Uppsala, sus trabajos se han centrado en la enseñanza y aprendizaje de la física. Se han

		publicado mayormente en inglés, por lo cual han sido implementados como referente en trabajos cuyo sistema de organización son las TLS o SEA.
Couso, D.	2, 32, y 69	Docente en el Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals de la Universidad Autónoma de Barcelona. Su línea de investigación es la didáctica de las ciencias. Es un referente para aquellos trabajos que implementan secuencias de enseñanza y aprendizaje.
Mortimer, E.	32, 38, y 46	Profesor en el Departamento de Métodos y Técnicas de Enseñanza en Federal University of Minas Gerais. Sus trabajos se han centrado principalmente en la educación en ciencias, por lo cual son un importante referente a la hora de hablar de experiencias basadas en ambos sistemas, tanto unidades y secuencias didácticas, como secuencias de enseñanza y aprendizaje.
Chin, C.	26 y 58	Pertenece a la Universidad Tecnológica de Nanyang. Sus trabajos se han centrado principalmente en la didáctica de la biología y la utilidad de la problematización en ciencias. En la presente revisión aparecen como una base en las experiencias latinoamericanas, que implementan los sistemas de unidad y secuencia didáctica.
Chamizo, J.	76 y 78	Miembro del Instituto de Investigaciones Filosóficas de la Universidad Nacional Autónoma de México. Su obra se ha centrado en la historia y filosofía de las ciencias, especialmente en química, por lo que son referentes a la didáctica de las ciencias y los sistemas de organización que implementan dicho término.
Gil, A.	54 y 56	Docente del seminario de Metodologia de Pesquisa em Administração del Centro Universitário Municipal de São Caetano do Sul. Sus trabajos se han centrado principalmente en los métodos para realizar investigaciones en ciencias. No obstante, se ha implementado como referente al hablar de sistemas tales como la unidad o secuencia didáctica, principalmente en investigaciones en Brasil.

### Consideraciones finales

La revisión permite tener un panorama general acerca de los sistemas de organización de actividades en ciencias naturales y hacia dónde se dirigen los esfuerzos de los docentes. Dicha organización responde a las necesidades de aprendizaje del estudiantado y las dificultades que pueden tener en etapas donde se requiere un desarrollo de habilidades cognitivas dirigidas hacia el desarrollo del pensamiento científico. De igual forma, la jerarquización y secuenciación de los contenidos para lograr progresiones, las cuales se acompañan de herramientas y estrategias innovadoras que posibilitan la aplicación y reconstrucción del conocimiento.

Los sistemas de organización de actividades, junto con los contenidos que se están impartiendo, buscan abarcar lo estipulado en el currículo, pero también son una clara respuesta a la situación actual de la sociedad y las problemáticas que esta enfrenta, desde el tratamiento de contenidos de índole teórico hasta la incorporación de problemáticas ambientales contextualizadas, por ejemplo, que requieren un análisis social y generan un compromiso con las agendas de sostenibilidad impulsadas a lo largo del tiempo.

Las principales estrategias usadas dan respuesta a estas situaciones: su objetivo se centra en el reconocimiento de la naturaleza de las ciencias, su aplicabilidad en el contexto inmediato y en la resolución de las problemáticas sociales. Así mismo, la incorporación de las TIC busca adaptar la educación a la revolución tecnológica que se ha presentado, facilitando la comprensión y visualización de conceptos abstractos. Este es un componente motivador que facilita los procesos de autorregulación del estudiante. En muchos casos, el uso de las TIC también permite un acercamiento hacia los conocimientos propios de la ciencia, por medio de los diversos recursos que se presentan actualmente, logrando de esta forma una mayor comprensión de los temas objeto de estudio.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, llama la atención que la implementación de las TIC y la historia de las ciencias no son un elemento fuerte en el diseño y pasan a jugar un segundo lugar, centrándose en la manera como se imparten los contenidos. Esto mismo sucede con el desarrollo de las HCL, se muestra como un elemento que debe tener mayor relevancia en la construcción de una experiencia, situación un tanto preocupante si se pretenden desarrollar escenarios que potencien la capacidad de hablar y escribir en ciencias.

Los sistemas de organización de actividades más frecuentes, secuencias de enseñanza y aprendizaje, unidades y secuencias didácticas, se caracterizan por presentar una estructura definida, y son pocos los trabajos que muestran, de manera específica, dicha estructura. Otros trabajos optan por

la descripción de las actividades, situación que puede dejar fuera de conocimiento del lector elementos importantes como la disposición del tiempo para el desarrollo global y por sesiones de la experiencia o la manera en la cual se pretende evaluar tanto las producciones de los alumnos como el propio diseño.

Si bien se destacan elementos comunes en casi todos los trabajos y la construcción de sus actividades, cada uno de estos tiene sus particularidades, provenientes tanto de la propia definición del sistema de organización como de los referentes implementados. Es por esto por lo que, si en el ejercicio del diseño propio se pretende adoptar el sistema de TLS, los principales autores que toman de referencia son MéHeut, Guisasola, Linder, Couso y Matthews, mientras que si el objetivo es diseñar con base en el modelo de secuencia y/o unidad didáctica, Izquierdo, Sanmartí, Adúriz-Bravo, Pozo, Chamizo, Chin, Mortimer y Gil pueden ser un buen punto de partida.

## Referencias

- Aguilera-Ruiz, C., Manzano-León, A., Martínez-Moreno, I., Lozano-Segura, M. C., & Casiano Yanicelli, C. (2017). El modelo Flipped Classroom. *International Journal of Developmental and Educational Psychology. Revista INFAD de Psicología*, 4(1), 261-266. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2017.n1.v4.1055>
- Bingham, C. B., & Davis, J. P. (2012). Learning sequences: Their existence, effect, and evolution. *Academy of Management Journal*, 55(3), 611-641. <https://doi.org/10.5465/amj.2009.0331>
- Bravo, B., Bouciguez, M. J., & Braunmüller, M. (2019). Una propuesta didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de la Inducción Electromagnética básica y el desarrollo de competencias digitales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1203. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4382/4275>
- Carranza, C. F., Rojas Oconitrillo, C., Solano Mora, J. C., & Ramírez, M. (2011). Dificultades que enfrentan los estudiantes de 10º año en el estudio de física. Alternativas para mejorar el aprendizaje 101. *Revista Ensayos Pedagógicos*, 6(1)m 101-113. <https://doi.org/10.15359/rep.6-1.6>
- Carrillo, T. (2001). El proyecto pedagógico de aula. *Educere*, 5(15), 335-344. <https://www.redalyc.org/pdf/356/35651518.pdf>
- Castrillón, J., Freire, O., & Rodríguez, B. (2014). Mecánica cuántica fundamental, una propuesta didáctica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(1), 1505. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172014000100023>
- Couso, D. (2011). Las secuencias didácticas en la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias: modelos para su diseño y validación. En A. Caamaño Ros (coord.), *Didáctica de la física y la química* (pp. 57-84). Ministerio de Educación Cultura y Deporte; Graó.
- Da Silva, M. F., & Bossolan, N. R. S. (2019). Contribuições de uma sequência didática com modelos táteis para as representações mentais de alunos universitários sobre proteínas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(2), 17-37. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p17>
- Encalada-Díaz, M. (2017). ¿Por qué escribir y por qué en inglés?. *Acta Ortopédica Mexicana*, 31(3), 107. <https://www.scielo.org.mx/pdf/aom/v31n3/2306-4102-aom-31-03-00107.pdf>
- Faúndez, C. A., Bravo, A. A., Ramírez, G. P., & Astudillo, H. F. (2017). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de Conceptos de Termodinámica como Herramienta para Futuros Docentes. *Formación Universitaria*, 10(4), 43-54. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000400005>
- García-Martínez, Á., Hernández Barbosa, R., & Abella-Peña, L. (2018). Diseño del trabajo de aula: un proceso fundamental hacia la profesionalización de la acción docente. *Revista Científica*, 3(33), 316-331. <https://doi.org/10.14483/23448350.12623>
- Gaulin, C. (2001). Tendencias actuales de la resolución de problemas. *Sigma: revista de matemáticas = matematika aldizkaria*, (19), 51-63. [https://sferrerobravo.wordpress.com/wp-content/uploads/2007/10/7\\_tendencias\\_actuales.pdf](https://sferrerobravo.wordpress.com/wp-content/uploads/2007/10/7_tendencias_actuales.pdf)
- Gil, A. C. (2002). *Como elaborar projetos de pesquisa* (4ª ed). Atlas. <https://acortar.link/WXbUlg>
- Gómez, D. H. A., & Puentes, E. T. (2017). Unidades didácticas. Herramientas de la enseñanza. *NORIA investigación educativa*, 1(1), 41-47. <https://doi.org/10.14483/25905791.13072>
- Gómez-García, G., Marín-Marín, J. A., Romero-Rodríguez, J. M., Ramos Navas-Parejo, M., & Rodríguez Jiménez, C. (2020). Effect of the flipped classroom and gamification methods in the development of a didactic unit on healthy habits and diet in primary education. *Nutrients*, 12(8), 2210. <https://doi.org/10.3390/nu12082210>
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametler, J., & Gutiérrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>

- Hernández Arteaga, I., Recalde Meneses, J., & Luna, J. A. (2015). Estrategia didáctica: una competencia docente en la formación para el mundo laboral. *Latinoamericana de Estudios Educativos*, 11(1), 73-94. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/latinoamericana/article/view/4048>
- Izquierdo Aymerich, M. (2022). Buscando un mismo lenguaje para enseñar mejor la Biología y la Química. *Revista de Educación en Biología*, 25(1), 79-91. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v25.n1.36491>
- Izquierdo, M., & Sanmartí, N. (1990). Contribució de la història de les ciències a la formació del professorat i a la recerca en didàctica de les ciències. En R. Codina & R. M. Llobera Jiménez (Coords.), *Història, ciència i ensenyament: Actes del III Simpòsium d'Ensenyament i Història de les Ciències i de les Tècniques* (pp. 279-290). Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas.
- Izquierdo, M., Quintanilla, M., Vallverdú, J., & Merino, C. (2014). Una nueva reflexión sobre la historia y la filosofía de las ciencias y la enseñanza de las ciencias. En M. Quintanilla, S. Daza, & H. Cabrera (Comps.), *Historia y filosofía de la ciencia: aportes para una "nueva aula de ciencias" promotora de ciudadanía y valores* (pp. 30-51). Bellaterra.
- Jorba, J., Gómez, I., & Prat, À. (2000). *Hablar y escribir para aprender: uso de la lengua en situación de enseñanza-aprendizaje desde las áreas curriculares*. Síntesis.
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: Aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educacion Química*, 26(4), 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.06.001>
- MéHeut, M. (2005). Teaching-Learning Sequences Tools for Learning and/or Research. En K. Boersma, M. Goedhart, O. de Jong, & H. Eijkelhof (Eds.), *Research and the Quality of Science Education* (pp. 195-207). Springer. [https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6\\_16](https://doi.org/10.1007/1-4020-3673-6_16)
- MéHeut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004>
- Meza González, H., & Duarte Abarca, E. (2020). La metodología STEAM en el desarrollo de competencias y la resolución de problemas. En Camacho Camacho, A. L. (Coord), *Universidad Nacional: Una nueva mirada en la mediación pedagógica al encuentro con el sentido del aprendizaje en los procesos educativos* (pp. 105-128). Jade. <http://hdl.handle.net/11056/17745>
- Occelli, M., García-Romano, L., Valeiras, N., & Willging, P. A. (2017). Animar la división celular (mitosis): Una propuesta didáctica con la técnica de slowmation. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 398-409. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.08](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.08)
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2007). *Normas sobre competencias en TIC para docentes*. UNESCO. [https://www.campuseducacion.com/blog/wp-content/uploads/2017/02/Normas\\_UNESCO\\_sobre\\_Competiciones\\_en\\_TIC\\_para\\_Docentes.pdf](https://www.campuseducacion.com/blog/wp-content/uploads/2017/02/Normas_UNESCO_sobre_Competiciones_en_TIC_para_Docentes.pdf)
- Paredes, N., & García-Martínez, A. (2022). Aportes de la historia de la ciencia a la construcción de explicaciones en el aula. *Revista Científica*, 43(1), 93-108. <https://doi.org/10.14483/23448350.17119>
- Quijano Hernández, M. H. (2018). Enseñanza Basada en Contextos: Una vía hacia la Interdisciplinariedad del Currículo. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (Número Extraordinario). <https://revistas.upn.edu.co/index.php/TED/article/view/8891>
- Quintanilla, G. M., & Vauras, M. (2021). Inclusión digital y enseñanza de las ciencias. Aprendizaje de competencias del futuro para promover el desarrollo del pensamiento científico. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (n.º extraordinario), 3598. <https://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/view/15604>
- Rodrigues, D. S., & Arnold, F. J. (2022). Analyzing Atmospheric Pressure Variations in Time and Height: a Didactic Proposal Employing a Smartphone Barometer. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210422. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0422>
- Rodriguez Barocio, Y., Obaya Valdivia, A. E., & Vargas-Rodríguez, Y. M. (2021). ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 10(2), 56-67. <https://doi.org/10.20448/2003.102.56.67>
- Schlierf, K. (2010). La enseñanza Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) en el entorno universitario politécnico: La metodología de la descripción de controversias en la Escuela de Minas de París. *Revista Iberoamericana de Ciencia Tecnología y Sociedad*, 5(15), 73-93. [http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1850-00132010000200005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-00132010000200005&lng=es&tlng=es)
- Simões-Neto, J. E., da Silva, J. R. R. T., Cruz, M. E. B., & do Amaral, E. M. R. (2015). Una secuencia didáctica para abordar el concepto de calor en la enseñanza de estudiantes preuniversitarios. *Formación Universitaria*, 8(2), 3-10. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000200002>

- Tamayo Alzate, Ó. E. (2013). Modelos y modelización en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, (n.º extraordinario), 3484-3487. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/308487>
- Tobón, M. (2010). *Formación integral y competencias. Pensamiento Complejo, diseño curricular y didáctica*. ECOE.
- Vargas Sánchez, D. L., & García Martínez, Á. (2021). Educación STEM, un campo de investigación emergente: análisis bibliométrico entre 2010–2020. *Investigações Em Ensino De Ciências*, 26(3), 195–219. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2021v26n3p195>
- Vargas, A. C. (2011). La evaluación educativa: concepto, períodos y modelos. *Actualidades Investigativas en Educación*, 4(2). <https://doi.org/10.15517/aie.v4i2.9084>
- Vigotsky, L. (1979). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Editorial Crítica.
- Vigotsky, L. (1995). *Pensamiento y Lenguaje. Teoría del desarrollo cultural de las funciones psíquicas*. Ediciones Fausto.

---

**Contribución de los autores (Taxonomía CRediT):** 1. Conceptualización; 2. Curación de datos; 3. Análisis formal; 4. Adquisición de fondos; 5. Investigación; 6. Metodología; 7. Administración de proyecto; 8. Recursos; 9. Software; 10. Supervisión; 11. Validación; 12. Visualización; 13. Redacción: borrador original; 14. Redacción: revisión y edición.

R. H. B. ha contribuido en 1, 5, 6, 14; Z. J. A. R. en 5, 11, 12, 13; M. A. C. C. en 5, 11, 12, 13; A. G. M. en 1, 5, 6, 10, 14.

**Editora científica responsable:** Dra. Alejandra Balbi.

## Apéndice A. Corpus de la revisión

- Aliedeh, M. A. (2017). Tasting the Fruits of Transparent Thinking Approach (TTA) by Developing and Validating a TTA-Based Solution Concentration Teaching-Learning Sequence (TLS): The Kick-Off of TTA Operationalization Phase. *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 17(3), 11–44. <https://articlegateway.com/index.php/JHETP/article/view/1551>
- Alves, P. V., Rizzuti, B. F., & Gonçalves, R. (2020). Uma proposta didática para o estudo da interação magnética entre ímãs e algumas considerações epistemológicas. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200285. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2020-0285>
- Amador-Rodríguez, R., Insuasty, D., Méndez-López, M., & Márquez, E. (2021). Promover modelos explicativos sobre las interacciones químicas del felodipino-citocromo P450: una propuesta didáctica basada en la modelización. *Química Nova*, 44(10), 1379–1387. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170784>
- Amoroso de Andrade, P., Faria Souza, D. T., Vallente, L. C., Borri, A., De Andrade Santos, A., Marty Felix, C., Gomes da Costa, D., Grandi, L. A., Cangussu Della Villa, T., & Popak Maria, T. (2018). O uso da confecção de exsiccatas para o ensino de botânica no ensino fundamental. *Revista de Educación En Biología*, 1(n.º extraordinario), 675–681. <http://congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/424>
- Aponte Rojas, A., Aguilar González, R., & Austin de Sánchez, I. (2013). Trabajos prácticos en microescala como estrategia didáctica en cursos de química en Educación Media. *Actualidades Investigativas en Educación*, 13(2), 1–19. <http://www.scielo.sa.cr/pdf/aie/v13n2/a08v13n2.pdf>
- Arango Velásquez, A., Grajales Mejía, Y. A., Palacios Ledesma, N. P., & Ríos Atehortúa, L. D. (2019). La secuencia didáctica como estrategia para el desarrollo de habilidades investigativas identificar, indagar y explicar a partir de las relaciones de los seres vivos con el medio. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, (n.º extraordinario), 644–652. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/10962>
- Archila, P. A. (2015). Using History and Philosophy of Science to Promote Students' Argumentation: A Teaching-Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen. *Science and Education*, 24(9–10), 1201–1226. <https://doi.org/10.1007/s11191-015-9786-2>
- Arriasecq, I., & Greca, I. M. (2012). A Teaching-Learning Sequence for the Special Relativity Theory at High School Level Historically and Epistemologically Contextualized. *Science and Education*, 21(6), 827–851. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9231-5>
- Baranzelli, M. C., Boero, L., Córdoba, S., Ferreira, G., Maubecin, C. C., Paiaro, V., Renny, M., Rocamundi, N., Sazatornil, F., Sosa-Pivatto, M., & Soteras, F. (2018). Socios por naturaleza: una propuesta didáctica para comprender la importancia de la interacción mutualista entre las flores y sus polinizadores. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 181–200. <https://raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335280>
- Besson, U., Borghi, L., de Ambrosis, A., & Mascheretti, P. (2010). A three-dimensional approach and open source structure for the design and experimentation of teaching-learning sequences: The case of friction. *International Journal of Science Education*, 32(10), 1289–1313. <https://doi.org/10.1080/09500690903023350>
- Bezerra, A., Rodrigues, D. V., Cavalcante, F. S. A., Nogueira, P. G., & Lima, R. A. (2018). Teaching botany through making soaps of medicinal plants. *EDUCA – Revista Multidisciplinar em Educação*, 5(11), 147–158.
- Bravo, B. M., Pesa de Danon, M. A., & Rocha, A. L. (2012). Implicancias de la enseñanza sobre el saber de los alumnos. El aprendizaje de fenómenos ópticos. Segunda parte. *Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias*, 8(1), 62–76. <http://hdl.handle.net/11336/1239>
- Bravo, B., Bouciguez, M. J., & Braunmüller, M. (2019). Una propuesta didáctica diseñada para favorecer el aprendizaje de la Inducción Electromagnética básica y el desarrollo de competencias digitales. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1203. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/4382/4275>
- Cabiativa Hernández, E. N., & Cuellar López, Z. (2015). Secuencia didáctica sobre la estructura interna de los seres vivos en estudiantes de Jornada Sabatina, en Algeciras, Huila. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, (n.º extraordinario), 1057–1066. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia1331>
- Cano, D., Echeverri, E., & Giraldo, P. (2015). ¿Consumir o no alimentos modificados genéticamente? Una controversia científica para contribuir a la formación sociopolítica en la clase de ciencias. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, (n.º extraordinario), 424–436. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia424.436>
- Cárdenas-Ojeda, M. (2016). Socialization of Didactic Units for Teaching-Learning of Chemical Bond to Students of Basic Course in High School. *Praxis*, 12(1), 39–51. <https://doi.org/10.21676/23897856.1846>
- Castrillón, J., Freire, O., & Rodríguez, B. (2014). Mecánica cuántica fundamental, una propuesta didáctica. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(1), 1505. <https://doi.org/10.1590/s1806-11172014000100023>

- Catalá, R. M., & Palacios-Arreola, M. I. (2020). A didactic proposal for understanding the structure and action mechanisms of viruses and its relationship with the development of new vaccines. *Educación Química*, 31(3), 45–59. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2020.3.75824>
- Cortés Rodríguez, A., Reyes Roncancio, J., & Bustos Velazco, E. (2017). Secuencia didáctica en química verde. *Enseñanza de las Ciencias*, (n.º extra), 1189–1196. <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/335241>
- Cruz, R., & Muñoz, J. (2019). Implementación de una secuencia didáctica para la enseñanza del concepto de fuerza para estudiantes de ingeniería. *Revista Conrado*, 15(68), 281–284. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442019000300281](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442019000300281)
- Cunha Buffolo, A. C., & Rodrigues, M. A. (2015). Agrotóxicos: uma proposta socioambiental reflexiva no ensino de química sob a perspectiva CTS. *Investigações Em Ensino de Ciências*, 20(1), 1–14. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2016v20n1p1>
- Da Silva, M. F., & Bossolan, N. R. S. (2019). Contribuições de uma sequência didática com modelos táteis para as representações mentais de alunos universitários sobre proteínas. *Investigações em Ensino de Ciências*, 24(2), 17–37. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p17>
- De Araujo, A. V. R., Silva, E. S., De Jesus, V. L. B., & De Oliveira, A. L. (2017). An association of Peer Instruction method with electrical circuits in active learning contexts. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 39(2), e2401. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0184>
- De Carvalho Júnior, Á. B., Lopes, M. H. T., Carvalho, A. C. N. M., Vieira, A. W., & Garcia, D. C. F. (2020). Utilização de ondas acústicas para caracterização de telhas cerâmicas: Uma proposta didática de ensaio não destrutivo. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 42, e20200340. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0340>
- Eugenio-Gozalbo, M., Ramos-Truchero, G., Suárez-López, R., Romanillos, M. S. A., & Rees, S. (2022). Introducing Food Sustainability in Formal Education: A Teaching-Learning Sequence Contextualized in the Garden for Secondary School Students. *Education Sciences*, 12(3), 168. <https://doi.org/10.3390/educsci12030168>
- Faúndez, C. A., Bravo, A. A., Ramírez, G. P., & Astudillo, H. F. (2017). Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de Conceptos de Termodinámica como Herramienta para Futuros Docentes. *Formación Universitaria*, 10(4), 43–54. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000400005>
- Fernandes, F., & Lorenzetti, L. (2021). Education for sexuality and its scientific and sociocultural aspects: An approach in the beginning years. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 254–270. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2021V26N2P254>
- Furió-Más, C., Domínguez-Sales, M. C., & Guisasaola, J. (2012). Diseño e Implementación de una secuencia de sustancia y compuesto químico. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(1), 113–128. <https://ddd.uab.cat/record/89470>
- Gallardo, F., & Merino, C. (2022). Los polímeros: Una progresión y propuesta didáctica. *Educación Química*, 33(2), 64–81. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2022.2.77220>
- Ghirardi, M., Marchetti, F., Pettinari, C., Regis, A., & Roletto, E. (2014). A teaching sequence for learning the concept of chemical equilibrium in secondary school education. *Journal of Chemical Education*, 91(1), 59–65. <https://doi.org/10.1021/ed3002336>
- Givry, D., & Tiberghien, A. (2012). Studying Students' Learning Processes Used during Physics Teaching Sequence about Gas with Networks of Ideas and Their Domain of Applicability. *International Journal of Science Education*, 34(2), 223–249. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.566289>
- Gomes, C. M., Sodr e, D., da Costa, R. M., Magalhães, A., do Rosário, R. F., Ferrari, S. F., Gomes, G. F. E., Sampaio, I., & Vallinoto, M. (2022). Using copepods to develop a didactic strategy for teaching species concepts in the classroom. *Evolution: Education and Outreach*, 15, 1. <https://doi.org/10.1186/s12052-022-00159-1>
- Gómez Ochoa de Alda, J., Marcos-Merino, J. M., & Esteban Gallego, R. (2019). Extracción de ADN con material cotidiano: desarrollo de una estrategia interdisciplinar a partir de sus fundamentos científicos. *Educación Química*, 30(1), 58–68. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2019.1.65732>
- Gómez-García, G., Marín-Marín, J. A., Romero-Rodríguez, J. M., Ramos Navas-Parejo, M., & Rodríguez Jiménez, C. (2020). Effect of the flipped classroom and gamification methods in the development of a didactic unit on healthy habits and diet in primary education. *Nutrients*, 12(8), 2210. <https://doi.org/10.3390/nu12082210>
- González-Cardona, M. Z., & Morales-Pinzón, T. (2022). Unidad didáctica y lúdica para explicar el fenómeno de contaminación del agua. In *Zona Próxima*, 32, 75–104. <https://doi.org/10.14482/zp.32.370>
- Greca, I. M., Ortiz-Revilla, J., & Arriasecq, I. (2021). Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 18(1), 1802. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2021.v18.i1.1802](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802)

- Guarnizo Lozada, M. A., Puentes Luna, O. L., & Amórtegui Cedeño, E. F. (2015). Diseño y aplicación de una unidad didáctica para la enseñanza-aprendizaje del concepto diversidad vegetal en estudiantes de noveno grado de la institución educativa Eugenio Ferro Falla, Campoalegre, Huila. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (37), 31-49. <https://doi.org/10.17227/01213814.37ted25.45>
- Guisasola, J., Zuza, K., Ametller, J., & Gutiérrez-Berraondo, J. (2017). Evaluating and redesigning teaching learning sequences at the introductory physics level. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 020139. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020139>
- Hernández Bravo, M. P., Obaya Valdivia, A. E., Montaña Osornio, C., & Vargas-Rodríguez, Y. M. (2020). Didactic Strategy: Interactive Digital Board in Teaching Learning Heat Capacity for High School. *International Journal of Science and Research*, 9(10), 216–223. <https://doi.org/10.21275/SR20927093332>
- Hernández, M., Couso, D., & Pintó, R. (2012). The Analysis of Students' Conceptions as a Support for Designing a Teaching/Learning Sequence on the Acoustic Properties of Materials. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 702–712. <https://doi.org/10.1007/s10956-011-9358-4>
- Jubert, A., Pogliani, C., María Tocci, A., & Vallejo, A. (2011). Química a distancia para alumnos del ciclo básico de Ingeniería. *Educación Química*, 23(1) 16-22. <https://www.scielo.org.mx/pdf/eq/v23n1/v23n1a4.pdf>
- Lima, N., Cavalcanti, C., & Ostermann, F. (2021). Different Conceptions of Wave-Particle Duality: A didactic proposal built from excerpts from primary sources of Quantum Theory. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20200270. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0270>
- López-Guerrero, M. d. M., Blanco López, Á., & Serrano Angulo, J. (2017). Valoración de la utilidad de la Química por estudiantes de Ingeniería Mecánica: Efecto de una propuesta didáctica. *Educación Química*, 28(1), 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2016.09.004>
- López-Mota, Á., & Moreno-Arcuri, G. (2014). Sustentación teórica y descripción metodológica del proceso de obtención de criterios de diseño y validación para secuencias didácticas basadas en modelos: el caso del fenómeno de fermentación. *Bio-Grafía: Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, 7(13), 109–126. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.7num.13bio-grafia109.126>
- Magtolis, J. M., & Batomalaque, A. E. (2019). Constructively Aligned Teaching Sequence (CATS): A Tool for Teaching Organismal Biology in STEM Senior High School Education. *Journal of Physics: Conference Series*, 1254, 012044. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1254/1/012044>
- Marchán-Carvajal, I., & Sanmartí, N. (2015). Criterios para el diseño de unidades didácticas contextualizadas: aplicación al aprendizaje de un modelo teórico para la estructura atómica. *Educación Química*, 26, 226–232.
- Martínez Suárez, L., Calderón Benítez, D., & Duarte Diaz, J. J. (2019). Ciclo de vida de la mariposa dyone glycera una experiencia educativa para el desarrollo de competencias científicas más allá del conocimiento biológico. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, (edición extraordinaria), 300-313. <https://revistas.upn.edu.co/index.php/bio-grafia/article/view/10859>
- Merino, C., Pino, S., Meyer, E., Garrido, J. M., & Gallardo, F. (2015). Realidad aumentada para el diseño de secuencias de enseñanza-aprendizaje en química. *Educación Química*, 26(2), 94-99. <https://doi.org/10.1016/j.eq.2015.04.004>
- Mesquita, L., Brockington, G., Testoni, L. A., & Studart, N. (2021). Educational design methodology in the development of teaching and learning sequences in physics teaching. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20200443. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0443>
- Morales, C., & Salgado, Y. (2017). Química orgánica en contexto y argumentación científica: una secuencia de enseñanza aprendizaje, desafíos y compromisos. *Revista de Innovación en Enseñanza de las Ciencias*, 1(1), 23–46. <https://doi.org/10.5027/reinnec.V1.I1.19>
- Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A. J., & Blanco-López, Á. (2020). Integration of scientific practices into daily living contexts: a framework for the design of teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 42(15), 2574–2600. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1821932>
- Occelli, M., Garcia-Romano, L., Valeiras, N., & Willging, P. A. (2017). Animar la división celular (mitosis): Una propuesta didáctica con la técnica de slowmation. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 398–409. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2017.v14.i2.08](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.08)
- Orozco Marín, Y. A., & Perdomo Gómez, J. H. (2015). El juego como herramienta para la enseñanza del funcionamiento del sistema nervioso en los seres vivos y aporte a la solución de problemas de convivencia en el aula. *Bio-Grafía. Escritos sobre la Biología y su Enseñanza*, (n.º extraordinario), 1389–1399. <https://doi.org/10.17227/20271034.vol.0num.0bio-grafia1389.1399>
- Pérez, G., Gómez-Galindo, A., & González-Galli, L. (2018). Enseñanza de la evolución: fundamentos para el diseño de una propuesta didáctica basada en la modelización y la metacognición sobre los obstáculos epistemológicos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 15(2), 2102. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2018.v15.i2.2102](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2018.v15.i2.2102)

- Quirola, N., Marquez, V., Tecpan, S., & Baltazar, S. E. (2018). Didactic Proposal to include Nanoscience and Nanotechnology at high School curriculum linking Physics, Chemistry and Biology. *Journal of Physics: Conference Series*, 1043, 012050. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1043/1/012050>
- Ramos R, M., & Muñoz A, L. (2015). La enseñanza de la química ambiental: Una propuesta fundamentada en la controversia científica y la resolución de problemas. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (38), 113-147. <https://doi.org/10.17227/01213814.38ted113.147>
- Rankhumise, M. P., & Raphoto, M. S. (2014). The effect of inquiry-based teaching-learning sequence in ameliorating alternative conceptions and conceptual difficulties of conservation of mechanical energy. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 5(15), 366-380. <https://doi.org/10.5901/mjss.2014.v5n15p366>
- Ribeiro Sousa, A., Moreira, M. D., Bovolenta Ovigli, D. F., Oliveira, A. R., & Colombo Junior, P. D. (2019). Prácticas innovadoras en la enseñanza de física moderna en una escuela pública brasileña. *Revista de Estudos y Experiencias en Educación*, 18(36), 241-256. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191836ribeiro2>
- Rico, A., Agirre-Basurko, E., Ruiz-González, A., Palacios-Agundez, I., & Zuazagoitia, D. (2021). Integrating mathematics and science teaching in the context of education for sustainable development: Design and pilot implementation of a teaching-learning sequence about air quality with pre-service primary teachers. *Sustainability*, 13(8), 4500. <https://doi.org/10.3390/su13084500>
- Rincón Voelzke, M., & De Lima Barbosa, J. I. (2019). Impact of a didactic sequence on basic Astronomy concepts for graduates in Physics of online and classroom modalities. *EPJ Web of Conferences*, 200, 01021. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201920001021>
- Rocha, J. A., & Silva, A. D. C. T. E. (2019). Understanding of High School student about discovery: Discussions around the episode of radioactivity discovery in a Teaching-Learning Sequence. *Investigacoes Em Ensino de Ciencias*, 24(2), 56-71. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.ienci2019v24n2p56>
- Rodrigues, D. S., & Arnold, F. J. (2022). Analyzing Atmospheric Pressure Variations in Time and Height: a Didactic Proposal Employing a Smartphone Barometer. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210422. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0422>
- Rodriguez Barocio, Y., Obaya Valdivia, A. E., & Vargas-Rodríguez, Y. M. (2021). ICT: Didactic Strategy using Online Simulators for the Teaching Learning of the Law of Conservation of Matter and its Relationship to Chemical Reactions in Higher Middle Education. *International Journal of Educational Technology and Learning*, 10(2), 56-67. <https://doi.org/10.20448/2003.102.56.67>
- Rodríguez Mora, F., & Blanco López, Á. (2016). Diseño y análisis de tareas de evaluación de competencias científicas en una unidad didáctica sobre el consumo de agua embotellada para educación secundaria obligatoria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 279-300. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2968>
- Rojas Conejera, A., Joglar, C., & Jara, R. (2020). Promoviendo la Formulación de Buenas Preguntas en la Clase de Biología en Secundaria: una propuesta didáctica a partir de situaciones problema. *Ciência & Educação (Bauru)*, 26, 1-17. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200034>
- Ros, G., Fraile Rey, A., Calonge, A., & López-Carrillo, M. D. (2022). The Design of a Teaching-Learning Sequence on Simple Machines in Elementary Education and its Benefit on Creativity and Self-Regulation. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(1), em2066. <https://doi.org/10.29333/EJMSTE/11487>
- Salazar, E., Adolfo, R., Obaya, E., Giammatteo, L., & Vargas-Rodríguez, Y. (2019). Evaluating a didactic strategy to promote atomic models learning in High School students through Hake's method. *International Journal of Education and Research*, 7(5), 293-312. <https://www.ijern.com/journal/2019/May-2019/24.pdf>
- Santos, D. F., & Prudêncio, C. A. V. (2021). The use of teaching sequences in teaching of micro-organisms: A literature review in periodicals and national events. *Investigacoes Em Ensino de Ciencias*, 25(3), 577-600. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2020V25N3P577>
- Santos, J. N. dos, & Fontana, G. M. J. (2014). Ensino de ciências: o filme como recurso didático na mediação pedagógica para a formação de conceitos científicos. *Tecné, Episteme Y Didaxis: TED*, (n.º extraordinario), 495-503. <https://doi.org/10.17227/01203916.3349>
- Savall-Aleman, F., Guisasola, J., Rosa Cintas, S., & Martínez-Torregrosa, J. (2019). Problem-based structure for a teaching-learning sequence to overcome students' difficulties when learning about atomic spectra. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), 20138. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020138>
- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2017). The Effect of Using a Visual Representation Tool in a Teaching-Learning Sequence for Teaching Newton's Third Law. *Research in Science Education*, 47(1), 119-135. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9492-8>
- Sibanda, D., & Hobden, P. (2015). Planning a teaching sequence for the teaching of chemical bonding. *African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education*, 19(1), 23-33. <https://doi.org/10.1080/10288457.2014.1002298>

- Silva Córdova, R., Castro Berríos, D., & López Donoso, E. (2019). Metodología de enseñanza basada en el diseño universal para el aprendizaje de la biología evolutiva (DUABE). *Revista de Estudios y Experiencias en Educación*, 18(38), 29–40. <https://doi.org/10.21703/rexe.20191838silva2>
- Silva, V. P., Guimarães, M. H. U., & Passos, M. M. (2021). Sequência Didática para o ensino de Astronomia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(2), 1135–1165. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e72529>
- Simões-Neto, J. E., da Silva, J. R. R. T., Cruz, M. E. B., & do Amaral, E. M. R. (2015). Una secuencia didáctica para abordar el concepto de calor en la enseñanza de estudiantes preuniversitarios. *Formación Universitaria*, 8(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062015000200002>
- Soto Alvarado, M. B., Couso Lagarón, D., & López Simó, V. (2019). Una propuesta de enseñanza-aprendizaje centrada en el análisis del camino de la energía “paso a paso.” *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 16(1), 1202. [https://doi.org/10.25267/Rev\\_Eureka\\_ensen\\_divulg\\_cienc.2019.v16.i1.1202](https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1202)
- Sujarittham, T., & Tanamatayarat, J. (2019). A case study of a teaching and learning sequence for Newton’s third law of motion designed by a pre-service teacher. *Journal of Physics: Conference Series*, 1380(1), 012102. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1380/1/012102>
- Tejedor, G., Segalàs, J., Barrón, Á., Fernández-Morilla, M., Fuertes, M. T., Ruiz-Morales, J., Gutiérrez, I., García-González, E., Aramburuzabala, P., & Hernández, À. (2019). Didactic Strategies to Promote Competencies in Sustainability. *Sustainability*, 11(7), 2086. <https://doi.org/10.3390/su11072086>
- Umbarila Castiblanco, X. (2012). Fundamentos teóricos para el diseño y desarrollo de unidades didácticas relacionadas con las soluciones químicas. *Revista de Investigación*, 36(76), 133–157. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=376140391007>
- Vázquez-Alonso, Á., Aponte, A., Manassero-Mas, M. A., & Montesano, M. (2016). A teaching–learning sequence on a socio-scientific issue: analysis and evaluation of its implementation in the classroom. *International Journal of Science Education*, 38(11), 1727–1746. <https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1212289>
- Vega Gómez, Y. P., & Callejas Restrepo, M. M. (2020). Compuestos inorgánicos en el ambiente. Secuencia de enseñanza y aprendizaje (SEA) para desarrollar pensamiento crítico en su aprendizaje. *Tecné, Episteme y Didaxis*, (48), 181–202. <https://doi.org/10.17227/ted.num48-12387>
- Vélez Ruiz, M. C., & Dos Santos, J. C. (2021). Memes and Entomology: A didactic sequence through Ecuadorian students’ perspective. *Research, Society and Development*, 10(5), e29210515228. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i5.15228>
- West, E., & Wallin, A. (2013). Students’ Learning of a Generalized Theory of Sound Transmission from a Teaching-Learning Sequence about Sound, Hearing and Health. *International Journal of Science Education*, 35(6), 980–1011. <https://doi.org/10.1080/09500693.2011.589479>
- Zenteno Mendoza, B. E., & Garritz, A. (2010). Secuencias dialógicas, la dimensión CTS y asuntos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 7(1), 2–25. <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/2625>
- Zuza, K., De Cock, M., Van Kampen, P., Kelly, T., & Guisasaola, J. (2020). Guiding students towards an understanding of the electromotive force concept in electromagnetic phenomena through a teaching-learning sequence. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020110. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020110>