

[Cierre de edición el 31 de diciembre del 2025]

<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Recursos educativos digitales en la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias Naturales

Digital Educational Resources in the Teaching and Learning of Natural Sciences

Recursos educacionais digitais no ensino/aprendizagem das ciências naturais

Cecilia Becerra-Brito

Universidad de La Laguna
ROR <https://ror.org/01r9z8p25>
Islas Canarias, España
cbecerra@ull.edu.es
iD <https://orcid.org/0000-0002-2283-4001>

Antía Cores-Torres

Universidade de Santiago de Compostela
ROR <https://ror.org/030eybx10>
Santiago de Compostela, España
antiacorestorres@gmail.com
iD <https://orcid.org/0000-0002-4152-9889>

Diana Marín-Suelves

Universitat de València
ROR <https://ror.org/043nxc105>
Valencia, España
diana.marin@uv.es
iD <https://orcid.org/0000-0002-5346-8665>

Mayara Lustosa de Oliveira-Barbosa

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Brasília
ROR <https://ror.org/03bk74w21>
Brasília, Brasil
mayarabioufg@gmail.com
iD <https://orcid.org/0000-0003-3356-0998>



Recibido • Received • Recebido: 12 / 06 / 2024
Corregido • Revised • Revisado: 10 / 11 / 2025
Aceptado • Accepted • Aprovado: 08 / 12 / 2025

Resumen

Introducción. La creciente digitalización en la educación hace necesario analizar los recursos digitales en Ciencias Naturales para evaluar su eficacia y orientar la formación docente. **Objetivo y metodología.** Este trabajo de corte cualitativo, descriptivo y retrospectivo pretende profundizar en el análisis de las investigaciones llevadas a cabo en las últimas décadas sobre los recursos educativos disponibles para la enseñanza/aprendizaje de las ciencias naturales. Se realizó una revisión de la literatura de los 33 artículos depositados en Scopus y Dialnet filtrados a través del método PRISMA.



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Resultados y conclusión. Los resultados destacan la presencia de diversos tipos de recursos digitales en Secundaria, asociados a una mayor atención, motivación y rendimiento. En conclusión, es necesario ampliar la integración pedagógica, diversificar el enfoque temático y evaluar la eficacia real de estos recursos en el aprendizaje.

Palabras claves: Recursos; educación; digitalización; ciencias naturales.

ODS: ODS 4; educación de calidad; materiales didácticos; ODS 10; reducción de las desigualdades; educación inclusiva.

Abstract

Introduction. The growing digitalization of education makes it necessary to analyze digital resources in Natural Sciences to evaluate their effectiveness and guide teacher training. **Objective and methodology.** This qualitative, descriptive and retrospective study aims to analyze in depth the research conducted in the last decades on the educational resources available for the teaching and learning of natural sciences. A literature review of 33 articles indexed in Scopus and Dialnet, filtered through the PRISMA method, was carried out. **Results and conclusions.** The results highlight the presence of various types of digital resources in secondary education, which are associated with increased attention, motivation, and improved performance. In conclusion, it is necessary to expand pedagogical integration, diversify the thematic focus, and evaluate the actual effectiveness of these resources in learning.

Keywords: Resources; education; digitalization; natural sciences.

SDG: SDG 4; quality education; learning materials; SDG 10; Reduced inequalities; inclusive education.

Resumo

Introdução. A crescente digitalização na educação torna necessário analisar os recursos digitais em ciências naturais, a fim de avaliar a sua eficácia e orientar a formação docente. **Objetivo e metodologia.** Este estudo, de abordagem qualitativa, descritiva e retrospectiva, tem como objetivo analisar em profundidade a investigação realizada nas últimas décadas sobre os recursos educacionais disponíveis para o ensino/aprendizagem das ciências naturais. Realizou-se uma revisão da literatura de 33 artigos indexados nas bases Scopus e Dialnet e filtrados por meio do método PRISMA. **Resultados e conclusão.** Os resultados destacam a presença de diversos tipos de recursos digitais no ensino médio, associados a um aumento da atenção, motivação e desempenho. Em conclusão, é necessário ampliar a integração pedagógica, diversificar o enfoque temático e avaliar a eficácia real desses recursos na aprendizagem.

Palavras-chave: Recursos; educação; digitalização; ciências naturais.

ODS: ODS 4; educação de qualidade; materiais didáticos; ODS 10; Reduzir as desigualdades; educação inclusiva.

Introducción

En la actualidad, uno de los elementos enriquecedores del proceso de enseñanza-aprendizaje es lo que se conoce como "Recurso Educativo Digital" (RED). Este término ha evolucionado con el tiempo y se refiere a recursos que residen o se generan en el espacio digital, como archivos, herramientas, software, bases de datos y más (en términos generales, conocidos como "recursos digitales"), pero que adquieren una dimensión educativa cuando se crean o incorporan con un propósito pedagógico en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Area, 2017; Pinto et al., 2012; Sulmont Haak, 2005).



Según lo señalado por [Area \(2017\)](#), el dinamismo del ecosistema educativo digital ha dado lugar a una diversidad de productos educativos digitales que a veces dificulta distinguir uno de otro. Por esta razón, el autor propone una clasificación de este conjunto diverso y multifacético de Recursos Educativos Digitales, distinguiendo entre:

Objeto digital: Archivos que contienen información en formatos diversos, como texto, imagen, sonido, vídeo o diagramas visuales, entre otros.

Objeto digital de aprendizaje: Se diferencia del objeto digital general porque su diseño parte de una finalidad didáctica. Consiste en actividades o ejercicios que el estudiantado debe completar y que, por lo general, presentan interactividad y emplean lenguaje multimedia.

Entorno Didáctico Digital: Material, o conjunto de Materiales Didácticos Digitales (MDD), resultado de la combinación de diferentes Recursos Educativos Digitales (RED) para abordar un contenido y desarrollar competencias específicas en el marco de una experiencia formativa diseñada para un grupo concreto de estudiantes.

Libro de texto digital: Versión digital de un libro de texto escolar que organiza un proceso de aprendizaje en torno a contenidos teóricos y actividades de una asignatura específica, dirigido a un grupo determinado de estudiantes de una etapa concreta, y que sirve de guía y herramienta de apoyo para el profesorado.

Apps, herramientas y plataformas online: Software o programas empleados en la elaboración y diseño de propuestas formativas que permiten la creación de cursos, materiales didácticos, actividades, la gestión de la información, la evaluación del alumnado, la comunicación y el trabajo colaborativo.

Entornos inteligentes de aprendizaje adaptativo: Instrumentos que se apoyan en las analíticas académicas y en la inteligencia artificial para ofrecer materiales o entornos didácticos digitales cuyos contenidos y actividades se ajustan al perfil y a las necesidades de cada estudiante.

Materiales didácticos tangibles: Recursos físicos, como los utilizados en la robótica educativa, que acercan al alumnado al diseño, la programación informática y el pensamiento computacional.

Materiales digitales para la docencia: Recursos en línea útiles para la práctica docente, el autoaprendizaje y la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje. Incluyen programaciones, experiencias prácticas, propuestas elaboradas de intervenciones educativas y espacios de publicación del profesorado (blogs, wikis y similares). ([Area, 2017, p. 21](#))

Los beneficios de introducir Recursos Educativos Digitales o de elaborar Materiales Didácticos Digitales para ser empleados en el proceso de enseñanza-aprendizaje, según los estudios que los abordan, se centran primordialmente en la función de apoyo, al servir para

<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

aclarar, profundizar y reforzar lo aprendido en clase mediante el acceso a información actualizada, y de fomento del aprendizaje activo (Álvarez-Rodríguez et al., 2019; Awidi & Paynter, 2024; Badia et al., 2015; Cabero Almenara, 2007). Asimismo, estos recursos también permiten al personal docente diseñar prácticas innovadoras que promuevan la participación activa del estudiantado (Ouarachi et al., 2017) y fomenten el trabajo colaborativo en el aula (Lizcano-Dallos et al., 2019).

Especialmente en la educación secundaria, y debido a la aceleración causada por la situación de confinamiento por COVID-19 (Hernández-Ortega & Álvarez-Herrero, 2021), el uso de RED en la docencia se ha normalizado (Estévez et al., 2023; Sangrà et al., 2023). Los efectos de esta implementación en el contexto escolar han sido y continúan siendo objeto de análisis, tal y como refleja la abundante literatura científica que explora esta relación (Herrero Vázquez et al., 2020; Marrero Galván et al., 2021; Navarro-Pablo et al., 2019; Vidal-Esteve et al., 2019). No obstante, la potencial innovación educativa que presentan estos tipos de recursos dependerá en gran medida de las estrategias docentes empleadas y las metodologías didácticas en las que se integren (Area et al., 2010; Rodríguez-Hoyos et al., 2021), en las que incidirán las características intrínsecas de la asignatura y las necesidades de aprendizaje que se desprenden de los contenidos. En el caso de las Ciencias Naturales o la Biología, campo al que se enfoca este escrito, prima la necesidad de memorización y comprensión de conceptos científicos abstractos o poco observables de forma directa (Morris et al., 2013; Pozo et al., 1991; Salinas Barrios, 2021). Por lo tanto, resulta fundamental investigar cómo se está llevando a cabo la integración de los RED en esta disciplina, así como los efectos de su implementación en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Romero Ariza & Quesada Armenteros, 2014).

Por otro lado, el nivel de Competencia Digital Docente (CDD) del profesorado también desempeña un papel crucial en la integración efectiva de la tecnología en el aula. La CDD determina tanto el aprovechamiento de los recursos que se encuentran en el entorno en línea como las posibilidades de llevar a cabo prácticas innovadoras en el proceso educativo (Engen, 2019; Moreno-Guerrero et al., 2021), ya que el personal docente con una alta competencia digital será capaz de identificar o crear de manera más efectiva los recursos digitales adecuados para su asignatura y emplearlos de manera creativa para enriquecer el aprendizaje de su estudiantado (Lorenzo Rial et al., 2019; Portillo et al., 2020).

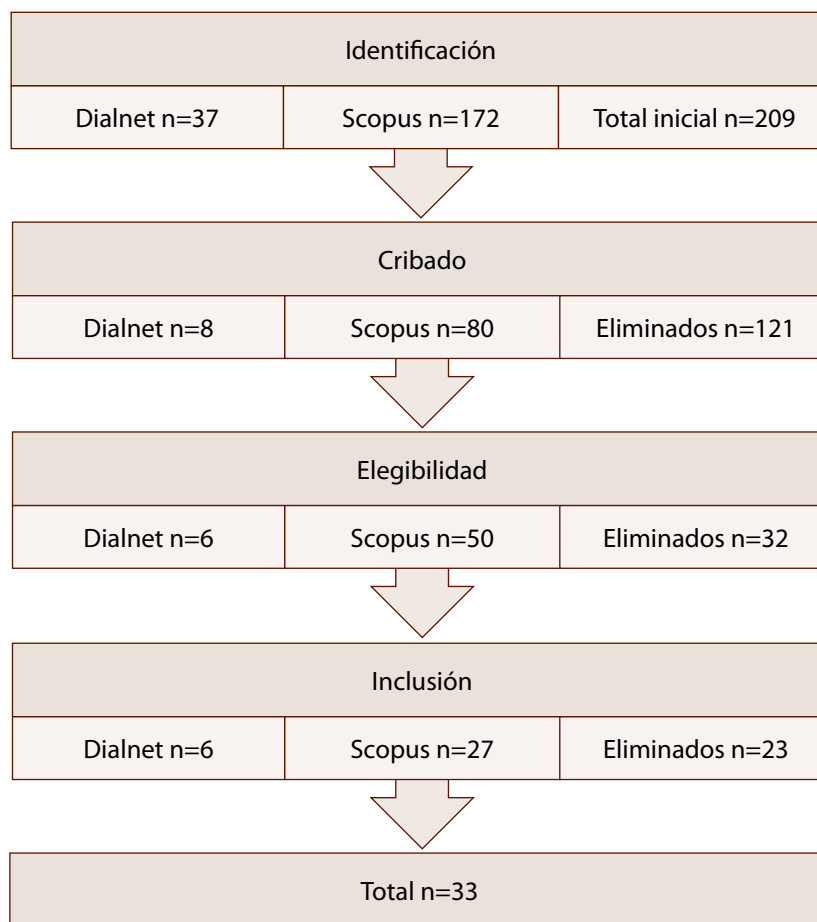
En definitiva, las estrategias didácticas y las dinámicas que el profesorado aplica al emplear RED y MDD en sus aulas están inevitablemente vinculadas a una combinación de factores. Entre ellos se encuentran el nivel de competencia digital docente (CDD), la adecuación de los recursos digitales seleccionados y las estrategias didácticas implementadas según las necesidades de la asignatura y del grupo de estudiantes. Reconocer la importancia de estos elementos permite avanzar hacia un uso verdaderamente enriquecedor de la tecnología digital en el aula.

Este constituye el objetivo central del presente estudio: realizar una revisión bibliográfica de los escritos científicos disponibles en las principales bases de datos que analizan las prácticas educativas con RED en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las Ciencias Naturales y la Biología. Con esta investigación se busca aportar conocimiento y orientaciones que favorezcan una integración más efectiva de los Recursos Educativos Digitales en la educación secundaria y, en particular, en el área de las Ciencias Naturales y la Biología, con el propósito de potenciar el aprendizaje y el desarrollo de habilidades clave en el estudiantado.

Método

Este estudio de corte cualitativo se basa en un análisis de contenido, que en este caso se llevó a cabo a partir de un diseño interpretativo y no experimental (Vain, 2012). Su objetivo fue comprender una realidad compleja que gira en torno a los materiales didácticos digitales para la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias Naturales, partiendo de las narraciones, visiones y significados dados por las personas participantes e investigadoras. Para ello, se analizan los artículos científicos depositados en las bases de datos Scopus y Dialnet, filtrados siguiendo el método PRISMA (Urrútia & Bonfill, 2010). Se emplearon los términos de búsqueda combinados con los operadores booleanos siguientes: resource OR material AND technology OR digital AND teaching OR learning AND biology OR “natural sciences” AND “high school” OR institute; junto a los filtros tipología de documento: artículo, acceso: abierto y sin filtro temporal. En la Figura 1 se muestra el proceso, dividido en cuatro fases, hasta la inclusión de un total de 33 documentos que conforman la muestra objeto de estudio.

Figura 1: Diagrama de flujo del proceso



Nota: Elaboración propia a partir del método seguido.

<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

La distribución temporal de los 33 artículos seleccionados se presenta en la [Tabla 1](#), donde se visualizan los años de publicación de los documentos analizados.

Tabla 1: Distribución temporal de los estudios incluidos en la revisión

Año	Cantidad	Autoría
2003	1	Jones et al. (2003)
2006	1	Miller et al. (2006)
2008	1	Saito (2008)
2014	1	Adamson et al. (2014)
2015	2	Fan et al. (2015) , Haas Prieto & Manghi Haquin (2015)
2016	3	Loftin et al. (2016) , Márquez (2016) , Rosero et al. (2016)
2017	1	Davenport et al. (2017)
2018	2	Dewi et al. (2018) , Xia et al. (2018)
2019	7	Flores-Camacho et al. (2019) , Hurtado Soler & Santamaría Pérís (2019) , Jones et al. (2019) , Ortiz-Tobón & García-Rentería (2019) , Stark et al. (2019) , Sukenda et al. (2019) , Vélez Rueda et al. (2019)
2020	2	Freidenfelds et al. (2020) , Utomo et al. (2020)
2021	2	Ellis et al. (2021) , Silva & Menezes (2021)
2022	5	Brata et al. (2022) , Martín et al. (2022) , Mead et al. (2022) , Nurhayati et al. (2022) , Prabowo et al. (2022)
2023	5	Christopoulos et al. (2023) , Chuang et al. (2023a) , Chuang et al. (2023b) , Ellis et al. (2023) , Mainato Sanaguaray et al. (2023)

Nota: Elaboración propia.

En definitiva, en este trabajo se describe, sintetiza, reflexiona, reinterpreta y reconstruye la realidad como punto de partida para llegar a conclusiones basadas en la evidencia científica y favorecer la generación de conocimientos ([Gibbs, 2012](#)). Es decir, se conjugan la indagación narrativa como metodología con el análisis crítico del discurso para la interpretación de los resultados.

Las investigadoras realizaron una lectura exhaustiva de los textos, para su posterior codificación semántica y con base en el objetivo del estudio. El proceso fue inductivo, lo que supuso la emergencia de categorías tras la aplicación de tres fases ([Mejía Navarrete, 2011](#)): 1) lectura e identificación de ideas y códigos, 2) descripción y agrupación de códigos en categorías y, 3) interpretación y análisis final.



Se emplearon matrices de doble entrada creadas *ad hoc* para la identificación de las variables y sus relaciones (Miles et al., 2014).

Emergieron de los documentos primarios las siguientes categorías de análisis: Tipo de recurso; Objetivos y contenidos; Etapa educativa; y Resultados.

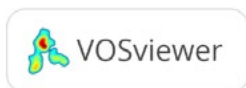
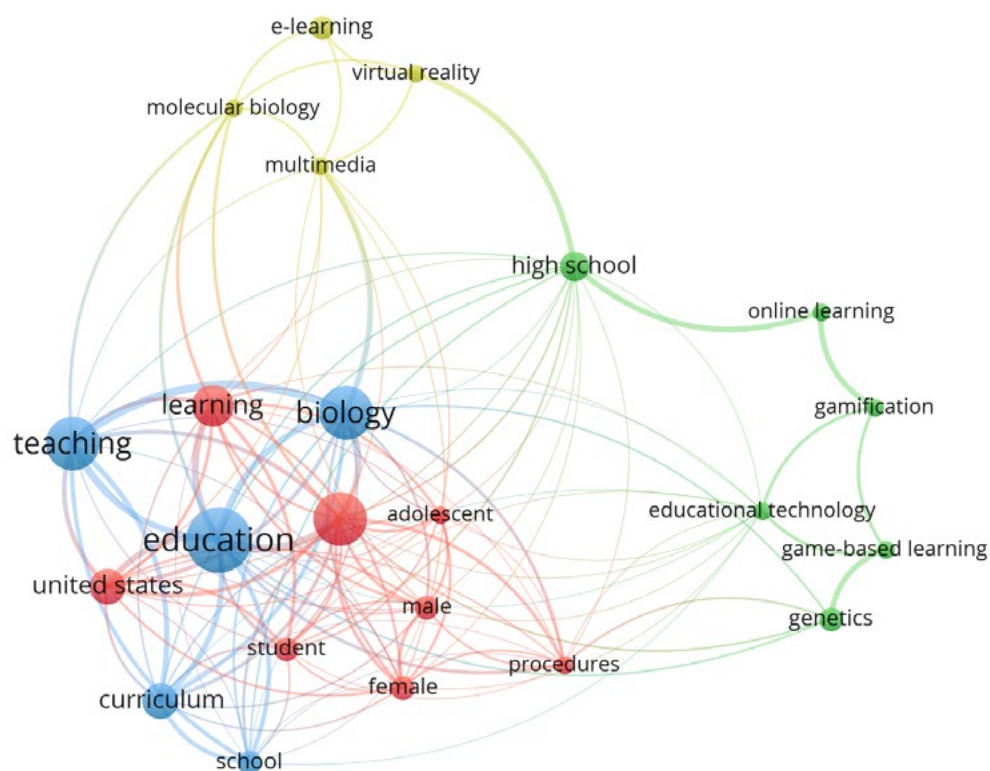
Para la representación de los datos se utilizó el programa VosViewer (van Eck & Waltman, 2010).

Resultados

En primer lugar, se tomó en consideración la coocurrencia de las palabras clave con conteo fraccional identificando un total de cuatro clústers.

En la Figura 2 se muestran los términos que aparecen con más frecuencia en los artículos analizados, así como las relaciones entre ellos.

Figura 2: Mapa de coocurrencia de palabras clave



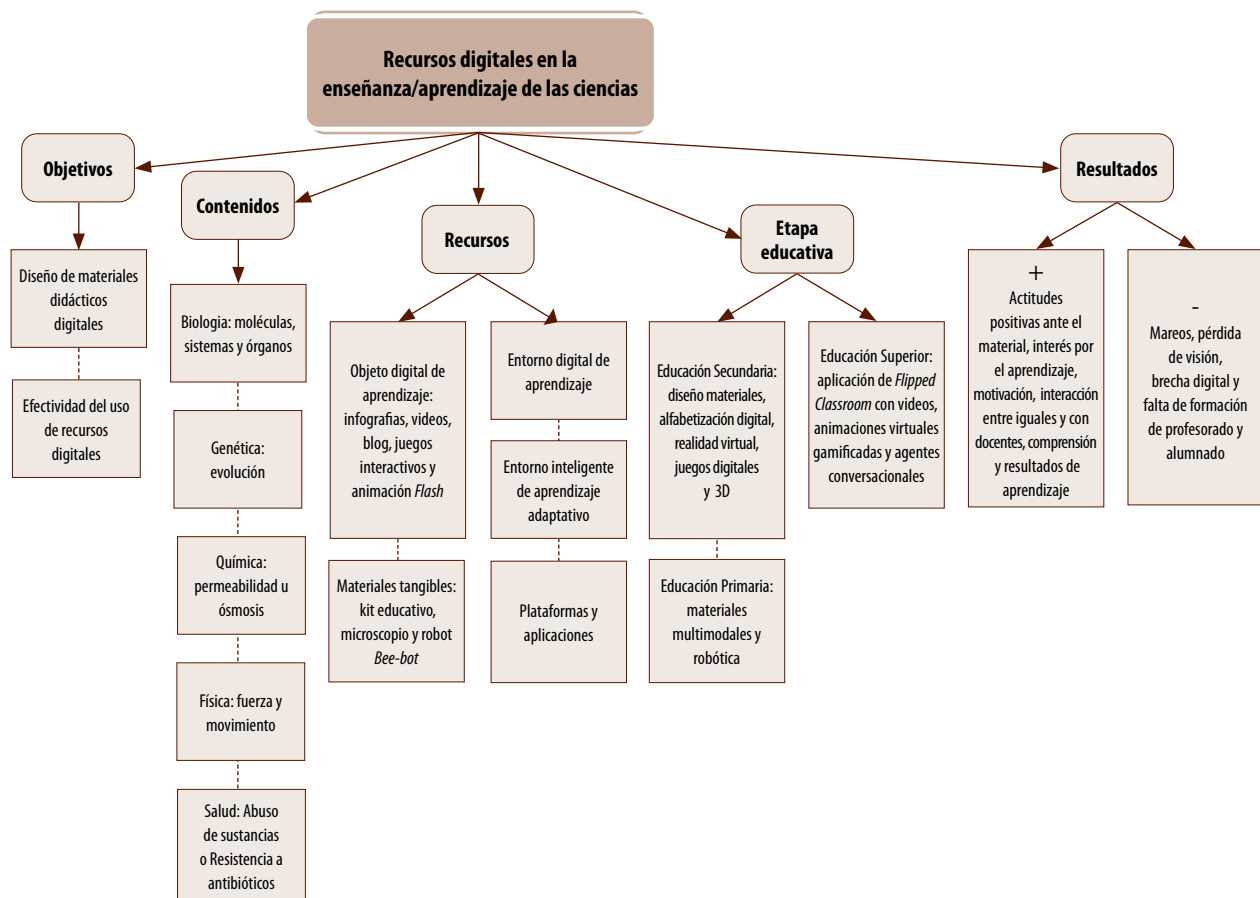
Nota: Elaboración propia con el uso del *software* VosViewer.

<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Como puede observarse, las investigaciones se centran fundamentalmente en contenidos relacionados con la enseñanza/aprendizaje de la Biología y se utilizan diferentes propuestas e-learning que incluyen el aprendizaje basado en juegos, la realidad virtual o los materiales multimedia.

En segundo lugar, se muestran los principales hallazgos con base en las categorías de análisis emergentes (objetivos y contenidos; tipo de recurso; etapa educativa y resultados), tal y como se recoge en la **Figura 3**.

Figura 3: Principales hallazgos por categorías de análisis



Nota: Elaboración propia.

Objetivo y contenidos

Teniendo en cuenta el objetivo que persiguen las investigaciones seleccionadas, estas se pueden dividir en dos grandes grupos: el primero de ellos conformado por estudios en los que se analiza la efectividad de la utilización de recursos digitales (Adamson et al., 2014; Jones et al., 2019; Nurhayati et al., 2022); entre muchas otras, concluyendo que presentan beneficios



notables en la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Naturales (aumento de la motivación y atención, mejora del rendimiento, mayor comprensión de conceptos, etc.) y el segundo grupo que engloba aquellos trabajos académicos que exponen y explican el diseño de materiales didácticos digitales específicos para el trabajo de ciertos contenidos de Ciencias Naturales (Ellis et al., 2023; Freidenfelds et al., 2020; Saito, 2008), entre otros.

En cuanto a los contenidos de Ciencias Naturales más presentes en los artículos analizados, destacan, en primer lugar, aquellos relacionados directamente con la Biología como los órganos y sistemas (Brata et al., 2022; Fan et al., 2015; Ortiz-Tobón & García-Rentería, 2019) el estudio de la evolución y la genética (Christopoulos et al., 2023; Ellis et al., 2021; Ellis et al., 2023; Flores-Camacho et al., 2019; Loftin et al., 2016) o la biología molecular (Davenport et al., 2017). En segundo lugar, bloques temáticos vinculados con contenidos de Química como la permeabilidad, difusión, ósmosis y equilibrio (Manghi Haquin & Haas Prieto, 2015) o de Física (Márquez, 2016) como las fuerzas y el movimiento (Flores-Camacho et al., 2019) y, por último, Ciencias de la Salud con temáticas alrededor del abuso de drogas o mecanismos de resistencia a antibióticos (Miller et al., 2006; Stark et al., 2019).

Tipo de recurso

Teniendo en cuenta la clasificación de recursos educativos digitales propuestas por Area (2017), en las investigaciones analizadas predominan los objetos digitales de aprendizaje ya que están presentes en 10 de los 33 artículos seleccionados. Bajo esta tipología se encuentran, por ejemplo, las infografías digitales y dinámicas para la explicación de temáticas relacionadas con la biología molecular (Silva & Menezes, 2021), materiales en formato video para el estudio de las Ciencias Naturales en Educación Secundaria (Dewi et al., 2018), animaciones creadas con Flash para el aprendizaje de la biotecnología (Utomo et al., 2020) o materiales digitales diversos como blogs, videos o juegos interactivos para el desarrollo de las competencias científicas en 4º de Educación Primaria (Ortiz-Tobón & García-Rentería, 2019).

En segundo lugar, destacan tanto los entornos digitales de aprendizaje como las aplicaciones, herramientas y plataformas online, presentes, respectivamente, en 7 de los 33 artículos analizados. También es importante resaltar que uno de estos entornos didácticos digitales incluye materiales de apoyo para la docencia además de lecciones interactivas, en línea y de libre acceso para el alumnado (Ellis et al., 2023). Entre las aplicaciones, herramientas y plataformas online, se menciona *Kahoot* para gamificar la evaluación en un aula de biología de 3º y 4º de Educación Secundaria (Jones et al., 2019) o la utilización de videojuegos o juegos de mesa digitales tales como *The Reconstructor* (Miller et al., 2006) para el estudio de la neurobiología y, en concreto, contra el abuso de drogas, o *Monocelly* (Prabowo et al., 2022) para ayudar a identificar y comprender la estructura y función de las células y orgánulos.



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

En tercer lugar de prevalencia se encuentran los materiales didácticos tangibles (en 6 de 33 artículos) como el kit educativo *BioBits Health* que contiene recursos variados para enseñar biología y ética en relación con la salud (Stark et al., 2019); el microscopio de fuerza para comprender la microescala, la morfología y la dimensionalidad de los virus (Jones et al., 2003); la impresión de modelos en 3D para el estudio de la biología molecular estructural (Davenport et al., 2017); o el robot *Bee-bot* para trabajar los ecosistemas en Educación Primaria (Hurtado Soler & Santamaría Pérís, 2019).

Por último, en dos investigaciones se hace referencia a entornos inteligentes de aprendizaje adaptativo cuyo contenido se ajusta al perfil y necesidades del alumnado, en un caso mediante la utilización de agentes conversacionales para ofrecer retroalimentación positiva en los debates entre el estudiantado (Adamson et al., 2014) y, en el otro, con la experiencia *Surviving Extinction* para el estudio de la historia de la evolución de los vertebrados con exploraciones virtuales, elementos gamificados y animaciones adaptadas a cada usuario (Mead et al., 2022).

Etapas educativas

En relación con la etapa educativa, 4 de los 33 artículos seleccionados presentan materiales didácticos digitales destinados a Educación Primaria. En concreto, Manghi Haquin & Haas Prieto (2015) analizan las imágenes presentes en recursos impresos (mapa político) y digitales (videos) que se utilizan para la enseñanza y aprendizaje de las Ciencias Sociales y Ciencias Naturales entre 3º y 6º de Educación Primaria concluyendo que estos materiales didácticos se presentan cada vez más multimodales al combinar imágenes, letras, colores, tamaños, sonidos e hipervínculos. Otra de las investigaciones, llevada a cabo por Hurtado Soler & Santamaría Pérís (2019), se centra en la robótica educativa (Bee-Bot) y en el análisis de los beneficios de su utilización en esta etapa educativa. En esta misma línea y ampliando el abanico de materiales digitales incluyendo *Power Point*, *Genially*, *Youtube*, *Google Earth*, *Zygote Body* o el microscopio virtual; Mainato Sanaguaray et al. (2023) determinan el impacto de la tecnología en la enseñanza de las Ciencias Naturales en 5º curso de Primaria. Finalmente, y en el contexto colombiano, Ortiz-Tobón & García-Rentería (2019) diseñan unidades didácticas para la materia de Ciencias Naturales de 4º de Primaria en las que incluyen materiales digitales para potenciar el desarrollo de las competencias científicas.

Educación Secundaria es la etapa educativa que aglutina un mayor número de investigaciones, las cuales están basadas en el análisis de la alfabetización digital del estudiantado (Brata et al., 2022) o del personal docente (Martín et al., 2022); la utilización de realidad virtual (Christopoulos et al., 2023; Chuang, Chou et al., 2023; Jones et al., 2003), realidad aumentada (Chuang, Lo et al., 2023; Nurhayati et al., 2022), impresión o visualización en 3D (Davenport et al., 2017; Xia et al., 2018), juegos digitales (Fan et al., 2015; Loftin et al., 2016; Miller et al., 2006; Saito, 2008) o el diseño de materiales con software específicos (Sukenda et al., 2019; Vélez Rueda et al., 2019).

En cuanto a Bachillerato, son dos las investigaciones que incluyen esta etapa educativa. Por un lado, [Flores-Camacho et al. \(2019\)](#) analizan si la introducción de recursos tecnológicos tiene efectos positivos en la comprensión y representación de los conocimientos científicos relacionados con la genética (Biología) y las fuerzas y movimiento (Física) en la etapa de Bachillerato y, por otro, [Martín et al. \(2022\)](#) evalúan los recursos TIC y las metodologías docentes utilizadas antes y después del COVID en materias relacionadas con Biología en ESO, Bachillerato y Formación Profesional.

Las publicaciones relacionadas con la etapa universitaria son escasas, encontrando únicamente un total de tres investigaciones. En el estudio de [Adamson et al. \(2014\)](#) se utilizan agentes conversacionales para ofrecer retroalimentación positiva al estudiantado en los debates entre ellos sobre temas relacionados con la permeabilidad, difusión, ósmosis, equilibrio y genética. En la publicación de [Rosero et al. \(2016\)](#) se aplica la metodología "flipped classroom" en la materia de computación de la carrera de Biología incluyendo diferentes sitios web con vídeos, imágenes, textos, etc. elaborados con *Google Sites*, *Google Drive* y *Youtube*. Por último, [Mead et al. \(2022\)](#) exponen el diseño de un material didáctico digital (*Surviving Extinction*) para el estudio de la historia de la evolución de los animales vertebrados mediante una experiencia de aprendizaje digital, interactiva y adaptativa con exploraciones virtuales, elementos gamificados y animaciones que puede utilizarse desde Educación Secundaria hasta los estudios universitarios.

Resultados: potencialidades y limitaciones de los recursos digitales

Las investigaciones analizadas destacan como principal potencialidad de la utilización de recursos digitales en las aulas el aumento de actitudes positivas por parte del alumnado, lo que conlleva un incremento de su interés por aprender ([Hurtado Soler & Santamaría Pérís, 2019](#); [Nurhayati et al., 2022](#); [Vélez Rueda et al., 2019](#); [Xia et al., 2018](#)), una mayor motivación e interacción entre el alumnado y personal docente ([Loftin et al., 2016](#); [Mainato Sanaguaray et al., 2023](#); [Rosero et al., 2016](#); [Sukenda et al., 2019](#)) y una mejora de la atención ([Fan et al., 2015](#)) al aumentar su curiosidad ([Ortiz-Tobón & García-Rentería, 2019](#)).

Así mismo, diversos estudios constatan una mejoría de los resultados de aprendizaje ([Chuang, Lo et al., 2023](#); [Chuang, Chou, 2023](#); [Miller et al., 2006](#)) ya que el uso de materiales digitales propicia una comprensión más profunda de conceptos básicos ([Davenport et al., 2017](#); [Ellis et al., 2021](#)) gracias a la posibilidad de representar los conocimientos científicos ([Flores-Camacho et al., 2019](#)) haciendo uso, por ejemplo, de una representación tangible a escala humana de objetos demasiado pequeños que no son percibidos directamente ([Jones et al., 2003](#); [Silva & Menezes, 2021](#)).

En contraposición, las alusiones a desventajas o limitaciones de los recursos digitales son escasas, mencionando los mareos por la utilización de las gafas de realidad virtual ([Chuang, Chou et al., 2023](#)), las consecuencias negativas para la salud de la utilización durante un tiempo



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>

<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

prolongado de las pantallas (Ellis et al., 2021), la brecha digital ya que no todo el alumnado dispone de medios o formación necesaria para el uso de estos materiales (Martín et al., 2022) o la falta de formación del personal docente que en ocasiones toman sus decisiones didácticas de forma intuitiva y basándose en sus propias creencias (Manghi Haquin & Haas Prieto, 2015).

Discusión

A continuación, se discuten los resultados con base en variables de identificación y de contenido.

En cuanto a las variables de identificación se contempló la autoría, la fecha de publicación, el país de referencia, las fuentes en las que se publica y el idioma utilizado. De los 33 trabajos analizados casi la totalidad están escritos por varios autores, siendo que tan solo dos de ellos fueron realizados por un autor (Márquez, 2016; Saito, 2008). Esto significa que es elevado el porcentaje de colaboración en el estudio de esta temática. En cuanto a la fecha de publicación, un 61,8% de los artículos han sido publicados en el último lustro, por lo que la tendencia temporal es ascendente. Respecto al país de origen de los estudios, destacan las aportaciones realizadas desde EEUU (41,7%), seguido de países como Indonesia (17,6%) y Taiwán (8,8%). Por lo que respecta a la revista que acumula el mayor número de artículos publicados relacionados con los materiales didácticos digitales para la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias Naturales es *American Biology Teacher* (Ellis et al., 2023; Chuang, Chou et al., 2023; Ellis et al., 2021; Friedenfelds et al., 2020; Loftin et al., 2016; Prabowo et al., 2022). Por último, el idioma elegido por la mayoría de las personas investigadoras para difundir los resultados y el conocimiento generado es el inglés, en un 73,5%. Resultados como la tendencia ascendente en los últimos años, el peso de EEUU y del inglés coinciden con estudios previos centrados en otras áreas curriculares y la tecnología, como la Educación Musical (Marín-Suelves, Gabarda Méndez et al., 2022); así como el elevado grado de colaboración encontrado también en estudios sobre Educación Física (Marín-Suelves, Guzmán et al., 2022).

En segundo lugar, en cuanto al contenido, al analizar los tipos de recursos se identificó una coexistencia del uso de materiales digitales y manipulativos o impresos en las aulas, resultado encontrado también en investigaciones previas en otras etapas (Digón-Regueiro et al., 2024). Esta perspectiva puede deberse a posiciones contrastantes identificadas tanto entre el profesorado como entre las familias del estudiantado. Esto es comprensible si se considera que, por un lado, existe una postura de carácter proteccionista, centrada en los posibles peligros o daños asociados a la tecnología y al uso excesivo de pantallas. Desde esta visión, se expresa preocupación por reducir o limitar el uso de estos recursos, adoptando un enfoque más restrictivo (Grané, 2021). Por otro lado, el conocimiento sobre las infinitas posibilidades de aprendizaje que ofrecen las tecnologías digitales y la importancia de la alfabetización en

esta área para las profesiones actuales son factores que contribuyen a hábitos de uso más permisivos (Livingstone & Blum-Ross, 2020). Así, es posible que la asociación de materiales educativos impresos y manipulativos con los digitales sea una opción para equilibrar el uso de la tecnología, aprovechando sus beneficios educativos y estableciendo una línea para el uso constructivo de sus recursos (Grané, 2021; Pardo et al., 2019).

En cuanto a la cantidad de recursos tecnológicos utilizados, comparando las etapas educativas, se pudo identificar que la Educación Secundaria es la etapa que reúne la mayor cantidad de investigaciones en el área. Parte de la justificación se puede componer de lo ya expuesto en el párrafo anterior, es decir, una visión más limitante para el uso de las pantallas en Educación Infantil y Primaria. De hecho, investigaciones demuestran que algunas personas docentes están replanteándose su uso con estudiantado en edades tempranas (Vidal-Esteve & Martín-Gómez, 2023), mientras que para adolescentes y jóvenes esta postura naturalmente se vuelve más permisiva.

En el caso del estudiantado de Secundaria, además de que la tecnología es bastante común en la vida cotidiana (Barbeta, 2024), la alfabetización digital, que va más allá de la capacidad de utilizar dispositivos tecnológicos, abarca una variedad de habilidades críticas como la capacidad de evaluar, crear y comunicar información en un entorno digital, y son identificadas por las personas investigadoras como habilidades cada vez más necesarias y relevantes para la participación plena en la sociedad contemporánea (Araújo et al., 2021).

Otro aspecto encontrado en la investigación fue la falta de formación o necesidad de formación del personal docente para que también tengan competencia digital y sepan aplicar el potencial de las herramientas tecnológicas en el aula. La literatura señala que la Competencia Digital Docente es un elemento esencial en la calidad de los sistemas educativos actuales (García et al., 2023; Mas García, Peirats Chacón et al., 2024). Además, dadas las incertidumbres y los nuevos desafíos que las escuelas pueden enfrentar en tiempos de crisis, como la ocurrida durante la pandemia de COVID-19, se debe prestar atención a cómo deben cambiar los procesos de formación docente para enfrentar tales situaciones (Álvarez-Núñez et al., 2021).

Sin embargo, aún existe una escasa implementación de recursos tecnológicos en los planes de formación docente dentro de los marcos institucionales, lo que requiere impulsar cursos de formación continua para satisfacer las necesidades del personal docente en activo (García et al., 2023).

Muchas personas docentes tampoco tienen la confianza para implementar recursos tecnológicos ya que se autoevalúan con un nivel de habilidades digitales inferior al que realmente tienen (Mas García, Peirats Chacón et al., 2024). Estos datos también revelan la necesidad de generar estrategias para una mejor correspondencia entre la percepción del personal docente y su desempeño en temas digitales (Mas García, Gabarda Méndez et al., 2024).



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Teniendo en cuenta el objetivo de la investigación analizada, los resultados indicaron dos grandes grupos: el primero compuesto por estudios que analizan la efectividad del uso de recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Naturales y un segundo grupo que describe el diseño de materiales didácticos digitales específicas para abordar y transmitir contenidos de esta disciplina.

Respecto al primer grupo, el Diseño Instruccional (DI) es un área de investigación educativa que busca formas de de manera significativa (Filatro & Loureiro, 2020). En el DI, los elementos que componen el modelo ADDIE (acrónimo que proviene del inglés: analizar, planificar, desarrollar, implementar y evaluar) son los más utilizados para completar todas las etapas de la construcción de un recurso didáctico digital (Filatro, 2008). Claramente, aunque no siempre se menciona el DI, muchos de los estudios del primer grupo utilizan sus etapas tanto para evaluar como para desarrollar recursos. Referencias aún más actuales siguen los pasos del DI, tal y como recomienda la *Ed Tech Developer's Guide* diseñada por la Oficina de Tecnología Educativa del Departamento de Educación de Estados Unidos (US, Department of Education, Office of Educational Technology, 2015). Por ello, es común encontrar trabajos que describen la planificación y evaluación de recursos educativos digitales cuando se trata de investigación con tecnologías educativas.

En cuanto a los contenidos de Ciencias Naturales más presentes en los artículos analizados, es posible destacar que la mayoría de los temas están relacionados con materias consideradas desafiantes por el estudiantado, como genética, bioquímica, biología molecular y evolución (Lopes, 2023; Mercês & Maciel, 2018). Además, la mayoría de ellos son temas relacionados con el universo microscópico, que exigen una mayor capacidad de abstracción por parte del estudiantado (Pires et al., 2021). De este modo, los recursos didácticos que involucran tecnologías pueden facilitar la visualización y comprensión de conceptos relacionados con estos contenidos, reduciendo la subjetividad y los errores que pueden surgir de una explicación meramente descriptiva o de una visualización puramente bidimensional (Pires et al., 2021).

Conclusiones

Este trabajo se realizó como complemento a un estudio bibliométrico centrado en la cuantificación de la literatura científica a través del análisis de indicadores de colaboración, productividad, impacto y difusión (Barbosa et al., 2023). Este estudio previo permitió identificar autores, autoras y fuentes de referencia para saber más sobre los avances en la creación y uso de materiales didácticos digitales para la enseñanza/aprendizaje de las Ciencias Naturales.

Para superar las limitaciones del estudio previo, este texto se centró en el análisis cualitativo de los textos disponibles en abierto para la profundización en una realidad que se ha demostrado poliédrica.

Los resultados del análisis permiten demostrar que la etapa de Secundaria ha recibido una mayor atención en cuanto a la aplicación de recursos tecnológicos en el aula. Asimismo, se evidencia que los temas más abordados en el área de Ciencias Naturales se concentran en contenidos relacionados con el universo microscópico, el cuerpo humano y la salud. Esto deja un margen importante para orientar futuras investigaciones hacia aquellas áreas menos representadas, como la ecología, especialmente si se considera el impacto del cambio climático y la importancia de tratar este asunto con las generaciones futuras, entre otros temas igualmente relevantes pero escasamente explorados en la investigación analizada.

También se identificó, como desafío recurrente en la literatura, que la falta de capacitación o formación docente para el manejo, la aplicación y la implementación efectiva de tecnologías educativas continúa siendo uno de los factores que más dificultan la integración didáctica de recursos digitales en el aula. Por ello, resulta imprescindible promover la formación continua en este ámbito, así como revisar los planes de estudio de la formación inicial del profesorado, con el fin de dotar a los futuros docentes de competencias digitales reales y prácticas que respondan adecuadamente a estas necesidades.

En relación con el objetivo de las investigaciones analizadas, los resultados señalaron la existencia tanto de estudios que evalúan la efectividad de los recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Naturales como de trabajos que describen el diseño de materiales didácticos digitales específicos para determinados contenidos del área. Ambos enfoques son pertinentes y coherentes con las teorías educativas orientadas al desarrollo de recursos didácticos digitales. Sin embargo, es importante destacar que la mera descripción de la planificación y estructura de un recurso no garantiza necesariamente su eficacia pedagógica.

En este sentido, seguir los pasos del Diseño Instruccional, documentar las pruebas de implementación y evaluación con el público objetivo, o incluso someter el recurso a la valoración de un cuerpo de expertos y docentes del área, son estrategias que pueden contribuir a determinar si el producto es realmente útil para la enseñanza. Esto permite esclarecer si el recurso se centra únicamente en el componente lúdico o motivacional, si puede emplearse como herramienta de revisión de contenidos, como introducción a un tema, o si es adecuado para su uso grupal o individual, entre otros aspectos esenciales en los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Destacamos que, a pesar de ser más profundo, el enfoque de este trabajo no está tampoco exento de limitaciones como pueden ser el número de bases de datos utilizadas o el análisis desde una perspectiva de género o territorial.

Como prospectiva sería interesante seguir indagando en los estudios llevados a cabo y publicados en diferentes contextos y etapas educativas, por si fuera posible identificar similitudes y diferencias. Además, conviene no perder de vista el interés que supone analizar cuestiones como el diseño de estos materiales y sus implicaciones con base en el modelo pedagógico, el currículum, la metodología o las evaluaciones que sustentan.



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

Contribuciones

Las personas autoras declaran que han contribuido en los siguientes roles: **C. B. B.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo y el desarrollo de la investigación. **A. C. T.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo y el desarrollo de la investigación. **D. M. S.** contribuyó con la gestión del proceso investigativo; la obtención de fondos, recursos y apoyo tecnológico y el desarrollo de la investigación. **M. L. d. O. B.** contribuyó con la escritura del artículo; la gestión del proceso investigativo y el desarrollo de la investigación.

Datos y material complementario

Este artículo tiene disponible material complementario:
Preprint: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15336070>

Agradecimientos

Este trabajo forma parte de un proyecto de investigación post-doctoral y está vinculado al proyecto titulado Materiales didácticos digitales en Educación Secundaria Obligatoria. Análisis y propuestas para su uso escolar y sociofamiliar (Secundari@Digit@l), financiado en la convocatoria 2022 de Proyectos de Generación de Conocimiento del Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (PID2022-13736608-100).

Referencias

- Adamson, D., Dyke, G., Jang, H., & Rosé, C. P. (2014). Towards an agile approach to adapting dynamic collaboration support to student needs. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(1), 92-124. <https://doi.org/10.1007/s40593-013-0012-6>
- Álvarez Núñez, Q., López Gómez, S., Parada Gañete, A., & Gonçalves, D. (2021). Cultura profesional y TIC en la formación del profesorado en tiempos de crisis: La percepción de los docentes. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 24(2), 153-165. <https://doi.org/10.6018/reifop.470831>
- Álvarez-Rodríguez, M. D., Bellido-Márquez, M. del C., & Atencia-Barrer, P. (2019). Enseñanza artística mediante TIC en la Educación Secundaria Obligatoria: Análisis de herramientas docentes en línea. *RED. Revista de Educación a Distancia*, 19(59), 1-19. <https://doi.org/10.6018/red/59/05>
- Araújo, L. G., Aragão, C. de O., & Nunes, T. R. (2021). O professor de ensino médio como agente de letramento digital na pandemia. *Ensino em Perspectivas*, 2(4), 1-3. <https://revistas.uece.br/index.php/ensinoem perspectivas/article/view/6711/5667>

- Area, M. (2017). La metamorfosis digital del material didáctico tras el paréntesis Gutenberg. *RELATEC. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 16(2), 13-28. <http://dx.medra.org/10.17398/1695-288X.16.2.13>
- Area, M., Cepeda, O., González, D., & Sanabria, A. L. (2010). Un análisis de las actividades didácticas con TIC en aulas de Educación secundaria. *Píxel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (38), 187-199. <http://hdl.handle.net/11441/22645>
- Awidi, I. T. & Paynter, M. (2024). An evaluation of the impact of digital technology innovations on students' learning: Participatory research using a student-centred approach. *Technology, Knowledge, and Learning*, 29(1), 65-89. <https://doi.org/10.1007/s10758-022-09619-5>
- Badia, A., Meneses, J., Fàbregues, S., & Sigalés, C. (2015). Factores que influyen en la percepción de los profesores de los beneficios instruccionales de los medios educativos digitales. *RELIEVE*, 21(2), 1-11. <https://doi.org/10.7203/relieve.21.2.7204>
- Barbeta, C. de F. (2024). Intervenção etnográfica participativa no Ensino Médio: a incorporação de blogs e tecnologias digitais na prática pedagógica de Língua Portuguesa em escolas públicas. *Perspectiva*, 42(2), 1-22. <https://doi.org/10.5007/2175-795X.2024.e95330>
- Barbosa, M. L. de O., Marín-Suelves, D., Becerra-Brito, C. V., & Torres, A. C. (2023). Materiais didáticos digitais para o ensino/aprendizagem das ciências naturais: Uma análise bibliométrica. *Texto Livre*, 16, 1-18. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.46865>
- Brata, W. W. W., Padang, R. Y., Suriani, C., Prasetya, E., & Pratiwi, N. (2022). Student's digital literacy based on students' interest in digital technology, internet costs, gender, and learning outcomes. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 17(3), 138-151. <https://doi.org/10.3991/ijet.v17i03.27151>
- Cabero Almenara, J. (2007). Las necesidades de las TIC en el ámbito educativo: Oportunidades, riesgos y necesidades. *Tecnología y Comunicación Educativas*, 21(45), 4-19. <https://biblat.unam.mx/hevila/Tecnologiaycomunicacioneducativas/2007/vol21/no45/1.pdf>
- Christopoulos, A., Pellas, N., Bin Qushem, U., & Laakso, M.-J. (2023). Comparing the effectiveness of video and stereoscopic 360° virtual reality-supported instruction in high school biology courses. *British Journal of Educational Technology*, 54(4), 987-1005. <https://doi.org/10.1111/bjet.13306>
- Chuang, C.-H., Lo, J.-H., & Wu, Y.-K. (2023). Integrating chatbot and augmented reality technology into biology learning during COVID-19. *Electronics*, 12(1), 1-29. <https://doi.org/10.3390/electronics12010222>



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Chuang, T.-F., Chou, Y.-H., Pai, J.-Y., Huang, C.-N., Bair, H., Pai, A., & Yu, N.-C. (2023). Using virtual reality technology in biology education: Satisfaction & learning outcomes of high school students. *American Biology Teacher*, 85(1), 23-32. <https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.1.23>
- Davenport, J., Pique, M., Getzoff, E., Huntoon, J., Gardner, A., & Olson, A. (2017). A self-assisting protein folding model for teaching structural molecular biology. *Structure*, 25(4), 671-678. <https://doi.org/10.1016/j.str.2017.03.001>
- Dewi, N. R., Kannapiran, S., & Wibowo, S. W. A. (2018). Development of digital storytelling-based science teaching materials to improve students' metacognitive ability. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(1), 16-24. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.12718>
- Digón-Regueiro, P., Méndez-García, R. M., Romero-Rodrigo, M. M., & Becerra-Brito, C. V. (2024). Questioning the role of technology in Early Childhood Education: Divides and false views. *Pixel – Bit. Revista de Medios y Educación*, (69), 63-96. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.98498>
- Ellis, R., Mead, L., Reichsman, F., McElroy-Brown, K., Smith, J., & White, P. (2023). Connected biology: Applying an integrative and technology-enhanced approach to the teaching and learning of evolution in mendel's peas. *American Biology Teacher*, 85(2), 97-103. <https://doi.org/10.1525/abt.2023.85.2.97>
- Ellis, R., Reichsman, F., Mead, L. S., Smith, J. J., McElroy-Brown, K., & White, P. J. T. (2021). ConnectedBio: An integrative & technology-enhanced approach to evolution education for high school. *The American Biology Teacher*, 83(6), 362-371. <https://doi.org/10.1525/abt.2021.83.6.362>
- Engen, B. K. (2019). Comprendiendo los aspectos culturales y sociales de las competencias digitales docentes. *Comunicar*, 61(27), 9-19. <https://doi.org/10.3916/C61-2019-01>
- Estévez, I., Souto, A., & Jorrín-Abellán, I. (2023). Creencias e integración de recursos digitales: Un estudio con docentes universitarios de Ciencias de la Salud. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 121-139. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.34035>
- Fan, K.-K., Xiao, P.-W., & Su, C.-H. (2015). The effects of learning styles and meaningful learning on the learning achievement of gamification health education curriculum. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 11(5), 1211-1229. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1413a>
- Filatro, A. (2008). *Design instruccional na Prática*. Pearson.
- Filatro, A. & Loureiro, A. C. (2020). *Novos produtos e serviços na Educação 5,0* (Tecnologia Educacional). Artesanato Educacional.

- Flores-Camacho, F., Gallegos-Cázares, L., García-Rivera, B.-E., & Báez-Islas, A. (2019). Efectos de los laboratorios de ciencias con TIC en la comprensión y representación de los conocimientos científicos en estudiantes del bachillerato en un contexto escolar cotidiano. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 10(29), 124-142. <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2019.29.527>
- Freidenfelds, N. A., Cisneros, L. M., Rodriguez, L., Park, B.-Y., Campbell, T., Arnold, C., Chadwick, C., Dickson, D., Moss, D. M., Volin, J. C., & Willig, M. R. (2020). Investigating human impacts on local water resources & exploring solutions. *The American Biology Teacher*, 82(9), 619-623. <https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.9.619>
- García, V. M., Gabarda Méndez, V., & Peirats Chacón, J. (2023). Formación y competencia digital del profesorado de Educación Secundaria en España. *Texto Livre*, 16, 1-12. <https://doi.org/10.1590/1983-3652.2023.44851>
- Gibbs, G. (2012). *El análisis de los datos cualitativos en investigación cualitativa*. Morata.
- Grané, M. (2021). Mediación digital parental. ¿Es necesaria una educación digital en la primera infancia? *EDUTEC. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (76), 7-21. <https://doi.org/10.21556/edutec.2021.76.2037>
- Hernández-Ortega, J. & Álvarez-Herrero, J.-F. (2021). Gestión educativa del confinamiento por COVID-19: Percepción del docente en España. *Revista Española de Educación Comparada*, (38), 129-150. <https://doi.org/10.5944/reec.38.2021.29017>
- Herrero Vázquez, M., Torralba-Burrial, A., & del del Moral Pérez, M. E. (2020). Revisión de investigaciones sobre el uso de juegos digitales en la enseñanza de las ciencias de la vida en primaria y secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(2), 103-119. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2806>
- Hurtado Soler, A. & Santamaría Pérís, N. (2019). La robótica en la enseñanza de las ciencias en primaria, una experiencia con Bee-Bot. *Creativity and Educational Innovation Review*, (3), 104-119. <https://doi.org/10.7203/CREATIVITY.3.15977>
- Jones, M. G., Andre, T., Superfine, R., & Taylor, R. (2003). Learning at the nanoscale: The impact of students' use of remote microscopy on concepts of viruses, scale, and microscopy. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(3), 303-322. <https://doi.org/10.1002/tea.10078>
- Jones, S. M., Katyal, P., Xie, X., Nicolas, M. P., Leung, E. M., Noland, D. M., & Montclare, J. K. (2019). A 'KAHOOT!' approach: The effectiveness of game-based learning for an advanced placement biology class. *Simulation & Gaming*, 50(6), 832-847. <https://doi.org/10.1177/1046878119882048>



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Livingstone, S. & Blum-Ross, A. (2020). *Parenting for a digital future: How hopes and fears about technology shape children's lives*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190874698.001.0001>
- Lizcano-Dallos, A. R., Barbosa-Chacón, J. W., & Villamizar-Escobar, J. D. (2019). Aprendizaje colaborativo con apoyo en TIC: Concepto, metodología y recursos. *Magis, Revista Internacional de Investigación en Educación*, 12(24), 5-24. <https://doi.org/10.11144/Javeriana.m12-24.acat>
- Loftin, M., East, K., Hott, A., & Lamb, N. (2016). "Touching triton": Building student understanding of complex disease risk. *The American Biology Teacher*, 78(1), 15-21. <https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.1.15>
- Lopes, S. M. C. (2023). Ensino de genética no ensino médio: Desafios e novas perspectivas para qualidade da aprendizagem. *Research, Society and Development*, 12(1), 1-10. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v12i1.39422>
- Lorenzo Rial, M. A., Álvarez Lires, M. M., Arias Correa, A., & Pérez Rodríguez, U. (2019). Aprender a interpretar la acidificación oceánica con recursos on-line y experimentación contextualizada. *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 189-209. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2564>
- Mainato Sanaguaray, E. I., Chávez Duy, K. D., & González Crespo, L. E. (2023). Impacto de los recursos digitales en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Mamakuna*, (20), 36-47. <https://revistas.unae.edu.ec/index.php/mamakuna/article/view/810>
- Manghi Haquin, D. T. & Haas Prieto, V. & (2015). Uso de imágenes en clases de ciencias sociales y ciencias naturales: Enseñando a través del potencial semiótico visual. *Enunciación*, 20(2), 248-260. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.enunc.2015.2.a06>
- Marín-Suelves, D., Gabarda Méndez, V., & Cuevas Monzonís, N. (2022). Educación Musical y tecnología: Tendencias en investigación. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical*, 19, 261-286. <https://doi.org/10.5209/reciem.74693>
- Marín-Suelves, D., Guzmán, J. F., & Ramón-Llin, J. (2022). Exergame en educación física: Mapeando la investigación. *Retos*, 44, 64-76. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90127>
- Márquez, Y. A. (2016). Red de aprendizaje virtual para el intercambio de estrategias para la enseñanza de la física. *Revista de Enseñanza de la Física*, 28(1), 83-83. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/14690/14614>

- Marrero Galván, J. J., Negrín Medina, M. Á., & González Pérez, P. (2021). Las TIC en la didáctica de las ciencias en el ámbito español: Revisión sistemática en relación con el tratamiento de competencias digitales. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, (41), 119-136. https://www.researchgate.net/publication/357541903_Las_TIC_en_la_didactica_de_las_ciencias_en_el_ambito_espanol_revision_sistemica_en_relacion_con_el_tratamiento_de_competencias_digitales
- Martín, E. L., Tapia, R. R., Martín, R. U., & Delgado-Iglesias, J. (2022). Competencia digital del profesorado español de educación secundaria en tiempo de Covid-19, *Investigações em Ensino de Ciências*, 27(3), 59-77. <https://doi.org/10.22600/1518-8795,ienci2022v27n3p59>
- Mas García, V., Gabarda Méndez, V., Peirats Chacón, J., & Ramón Llin Mas, J. A., (2024). Incidencia de la formación inicial y permanente en la competencia digital del profesorado de secundaria. *Revista Fuentes*, 26(1), 72-84. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2024.23817>
- Mas García, V., Peirats Chacón, J., & Gabarda Méndez, V. (2024). Competencia digital en la formación permanente del profesorado: Análisis comparativo entre la Comunidad Valenciana y Galicia. *Revista Española de Educación Comparada*, (44), 305-323. <https://doi.org/10.5944/reec.44.2024.37286>
- Mead, C., Bruce, G., Taylor, W., Buxner, S., & Anbar, A. D. (2022). Gamifying virtual exploration of the past 350 million years of vertebrate evolution. *Frontiers in Education*, 7, 1-10. <https://doi.org/10.3389/feduc.2022.836783>
- Mejía Navarrete, J. (2011). Problemas centrales del análisis de datos cualitativos. *Revista Latinoamericana de Metodología de la Investigación Social*, 1(1), 47-60. <http://relmis.com.ar/ojs/index.php/relmis/article/view/43>
- Mercês, A. A. D. & Maciel, J. C. (2018). Bioquímica para estudantes da área da saúde: Importância e alternativas de ensino. *Health & Diversity Journal*, 2(2), 52-56. <https://doi.org/10.18227/hd.v2i2.7507>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3ª ed.). Sage.
- Miller, L., Moreno, J., Willcockson, I., Smith, D., & Mayes, J. (2006). An online, interactive approach to teaching neuroscience to adolescents. *CBE-Life Sciences Education*, 5(2), 137-143. <https://doi.org/10.1187/cbe.05-08-0115>
- Moreno-Guerrero, A. J., Rodríguez García, A. M., Ramos Navas-Parejo, M., & Rodríguez Jiménez, C. (2021). Competencia digital docente y el uso de la realidad aumentada en la enseñanza de ciencias en Educación Secundaria Obligatoria. *Revista Fuentes*, 23(1), 108-124. <https://doi.org/10.12795/revistafuentes.2021.v23.i1.12050>



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- Morris, B. J., Croker, S., Zimmerman, C., Gill, D., & Romig, C. (2013). Gaming science: The "Gamification" of scientific thinking. *Frontiers in Psychology, 4*, 1-16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00607>
- Navarro-Pablo, M., López-Gándara, Y., & García-Jiménez, E. (2019). El uso de los recursos y materiales digitales dentro y fuera del aula bilingüe. *Comunicar, 59*(27), 83-93. <https://doi.org/10.3916/C59-2019-08>
- Nurhayati, Rusdi & Isfaeni, H. (2022). The application of mobile augmented reality to improve learning outcomes in senior high schools. *International Journal of Information and Education Technology, 12*(7), 691-695. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2022.12.7.1672>
- Ortiz-Tobón, P. A. & García-Rentería, W. M. (2019). Fortalecimiento de las competencias científicas a partir de unidades didácticas para alumnos de grado cuarto (4º) de básica primaria. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 11*(21), 149-168. <https://doi.org/10.22430/21457778.1076>
- Ouarachi, T., Olvera-Lobo, M. D., & Gutiérrez-Pérez, J. (2017). Evaluación de juegos online para la enseñanza y aprendizaje del cambio climático. *Enseñanza de las Ciencias, 35*(1), 193-214. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2088>
- Pardo, M. I., San Martín, Á., & Cuervo, E. (2019). La performatividad docente en el entorno digital de los centros escolares: Redefinición del trabajo didáctico. *REIDOCREA, 8*(2), 6-18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7205649>
- Pinto, M., Gómez-Camarero, C., & Fernández-Ramos, A. (2012). Los recursos educativos electrónicos: Perspectivas y herramientas de evaluación. *Perspectivas em Ciência da Informação, 17*(3), 82-99. <https://doi.org/10.1590/S1413-99362012000300007>
- Pires, D. F., Silva, J. R. Faria de, & Barbosa, M. L. O. de (2021). Rotação por estações no ensino de embriologia: Uma proposta combinando modelos tridimensionais e o ensino híbrido. *REXE, 20*(43), 415-436. <https://doi.org/10.21703/rexe.20212043feliciano22>
- Portillo, J., Garay, U., Tejada, E., & Bilbao, N. (2020). Self-Perception of the digital competence of educators during the COVID-19 pandemic: A cross-analysis of different educational stages. *Sustainability, 12*(23), 1-13. <https://doi.org/10.3390/su122310128>
- Pozo, J. I., Gómez Crespo, M. A., Limón, M., & Sanz Serrano, A. (1991). *Procesos cognitivos en la comprensión de la ciencia: Las ideas de los adolescentes sobre la química*. Ministerio de Educación y Ciencia.
- Prabowo, C. A., Rizkiana, D. R., Yuliani, D. S., Nugraheni, L. I., Qurrat'aini, M. R., & Puspitasari, R. D. (2022). Monocelly: Teaching cell structure & function using a board game. *The American Biology Teacher, 84*(9), 573-575. <https://doi.org/10.1525/abt.2022.84.9.573>

- Rodríguez-Hoyos, C., Fueyo Gutiérrez, A., & Hevia Artime, I. (2021). Competencias digitales del profesorado para innovar en la docencia universitaria. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, (61), 71-97. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.86305>
- Romero Ariza, M. & Quesada Armenteros, A. (2014). Nuevas tecnologías y aprendizaje significativo de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 101-115. <http://dx.doi.org/10.5565/rev/ensciencias.433>
- Rosero, J., Antepara, J., & Kingman, A. (2016). Impacto de la estrategia didáctica digital: Aula invertida en el rendimiento académico. *Revista Científica Ciencias Naturales y Ambientales*, 10(2), 82-88. <https://doi.org/10.53591/cna.v10i2.254>
- Saito, M. (2008). SSH has revitalized high school education. *Kobunshi*, 57(4), 213-216. <https://doi.org/10.1295/kobunshi.57.213>
- Salinas Barrios, I. (2021). Revisión de estudios sobre metáforas conceptuales en ciencia y educación científica. *Pensamiento Educativo*, 58(1), 1-16. <http://dx.doi.org/10.7764/pel.58.1.2021.12>
- Sangrà, A., Guitert-Catasús, M., & Behar, P. A. (2023). Competencias y metodologías innovadoras para la educación digital. *RIED-Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 26(1), 9-16. <https://doi.org/10.5944/ried.26.1.36081>
- Silva, V. T. da & Menezes, J. P. C. de (2021). Uso de infográficos como ferramenta didática para o processo de tradução gênica no ensino médio em aulas relacionadas à biologia molecular. *Investigações em Ensino de Ciências*, 26(2), 212-233. <https://doi.org/10.22600/1518-8795.IENCI2021V26N2P212>
- Stark, J. C., Huang, A., Hsu, K. J., Dubner, R. S., Forbrook, J., Marshalla, S., Rodriguez, F., Washington, M., Rybnicky, G. A., Nguyen, P. Q., Hasselbacher, B., Jabri, R., Kamran, R., Koralewski, V., Wightkin, W., Martinez, T., & Jewett, M. C. (2019). BioBits health: Classroom activities exploring engineering, biology, and human health with fluorescent readouts. *ACS Synthetic Biology*, 8(5), 1001-1009. <https://doi.org/10.1021/acssynbio.8b00381>
- Sukenda, Anjani, M., & Yustim, B. (2019). Learning media for biology subject based on multimedia in junior high school level. *Universal Journal of Educational Research*, 7(4A), 43-51. <https://doi.org/10.13189/ujer.2019.071407>
- Sulmont Haak, L. (2005). Recursos educativos digitales. Procesos de mediación y mediatización en la comunicación pedagógica. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 1(1), 1-19. <https://doi.org/10.19083/ridu.1.36>
- Urrútia, G. & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: Una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>



<https://doi.org/10.15359/ree.29-3.20081>
<https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/educare>
educare@una.ac.cr

- U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. (2015). *Ed tech developer's guide: A primer for software developers, startups, and entrepreneurs*. <http://tech.ed.gov/files/2015/04/Developer-Toolkit.pdf>
- Utomo, A. P., Hasanah, L., Hariyadi, S., Narulita, E., Suratno., & Umamah, N. (2020). The effectiveness of steam-based biotechnology module equipped with flash animation for biology learning in high school. *International Journal of Instruction*, 13(2), 463-476. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13232a>
- Vain, P.D. (2012). El enfoque interpretativo en la investigación educativa: Algunas consideraciones teórico-metodológicas. *Revista de Educación*, (4), 37-45. https://fh.mdp.edu.ar/revistas/index.php/r_educ/article/view/83
- van Eck, N. & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523-538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- Vélez Rueda, A. J., Benítez, G. I., Marchetti, J., Hasenahuer, M. A., Fornasari, M. S., Palopoli, N., & Parisi, G. (2019). Bioinformatics calls the school: Use of smartphones to introduce python for bioinformatics in high schools. *PLoS Computational Biology*, 15(2), 1-9. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1006473>
- Vidal-Esteve, M. I. & Martín-Gómez, S. (2023). Digitalization of classrooms: A comparative study on teachers' perceptions about the use of digital teaching materials in early childhood and primary education. *Education Sciences*, 13(11), 1-13. <https://doi.org/10.3390/educsci13111156>
- Vidal Esteve, M. I., Vega Navarro, A., & López Gómez, S. (2019). Uso de materiales didácticos digitales en las aulas de primaria. *Campus Virtuales*, 8(2), 103-119. <http://hdl.handle.net/11162/196070>
- Xia, D., Li, J., & Zhou, L. (2018). Design of visual education resource library based on 3D modeling. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(11), 170-183. <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i11.9609>