



## Recursos digitales interactivos para la enseñanza de ecosistemas: tipologías, enfoques y desafíos didácticos





- Interactive Digital Resources for Teaching Ecosystems: Typologies, Approaches, and Teaching Challenges
- Recursos digitais interativos para o ensino de ecossistemas: tipologias, abordagens e desafios didáticos

### Forma de citar este artículo:

Guevara-Córdoba, J. A. y López-Simó, V. (2025). Recursos digitales interactivos para la enseñanza de ecosistemas: tipologías, enfoques y desafíos didácticos. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (58), 32 - 50. <https://doi.org/10.17227/ted.num58-21531>

### Resumen

Este estudio examina los recursos educativos digitales interactivos y en línea (REDIO) de acceso libre y en español para la enseñanza de ecosistemas en educación primaria y secundaria. La abundancia de estos recursos representa una oportunidad, pero también un desafío para los docentes al seleccionar aquellos más adecuados para su uso en clase. El objetivo principal es caracterizar estos REDIO según dimensiones clave. Para ello se realizó una búsqueda sistemática en Internet para identificar 277 REDIO únicos sobre ecosistemas. Estos se categorizaron según un sistema de análisis de 6 dimensiones: acciones del usuario, modos de interacción, tipos de representaciones, enfoques educativos, contenidos curriculares y plataformas online. Posteriormente, se empleó la agrupación por clústeres para identificar perfiles y patrones. Los hallazgos revelan una marcada prevalencia de actividades individuales de pregunta-respuesta y asociación simple para evaluar conocimientos factuales, con un predominio de representaciones textuales, y escasas actividades que promuevan el razonamiento, la experimentación o la argumentación científica. Se evidencia un uso limitado de la interactividad para fomentar aprendizajes profundos, priorizando enfoques centrados en la memorización sobre la comprensión, que podría responder a la facilidad de creación de contenidos en plataformas digitales con plantillas prediseñadas, pero restringir la diversidad pedagógica.

Johan Alberto Guevara-Córdoba\*    
 Víctor López-Simó\*\*  

\* Máster, Docente de aula IED José María Vergara y Vergara (Colombia), Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Catalunya (España). [johanguerac@gmail.com](mailto:johanguerac@gmail.com)

\*\* Doctor, profesor lector, Departament de Didàctica de la Matemàtica i les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, Catalunya (España). [victor.lopez@uab.cat](mailto:victor.lopez@uab.cat)



Este trabajo aporta una caracterización sistemática de los REDIO disponibles actualmente para la enseñanza de ecosistemas.

Palabras clave

recursos educativos digitales; enseñanza de ecosistemas; análisis multidimensional; tipologías de recursos digitales; caracterización de recursos educativos

### Abstract

This study examines open-access, Spanish-language interactive and online educational digital resources (REDIO) for teaching ecosystems in primary and secondary education. The abundance of such resources presents both an opportunity and a challenge for teachers in selecting those most suitable for classroom use. The main objective is to characterise these REDIO based on key dimensions. A systematic online search was conducted to identify 277 unique REDIO related to ecosystems. These were categorised using a six-dimensional analytical framework: user actions, modes of interaction, types of representations, educational approaches, curriculum content, and online platforms. Cluster analysis was then applied to identify profiles and patterns. Findings reveal a marked prevalence of individual activities based on question-answer formats and simple matching tasks aimed at assessing factual knowledge, with a dominance of textual representations. There are few activities that foster reasoning, experimentation, or scientific argumentation. A limited use of interactivity to promote deep learning was observed, with a tendency towards memory-focused rather than comprehension-based approaches. This may be due to the ease of content creation through digital platforms offering pre-designed templates, which, however, restricts pedagogical diversity. This work offers a systematic characterisation of currently available REDIO for teaching ecosystems.

Keywords

digital educational resources; ecosystem education, multidimensional analysis; digital resource typologies; educational resource characterisation

### Resumo

Este estudo analisa os recursos educacionais digitais interativos e online (REDIO) de acesso livre e em língua espanhola voltados para o ensino de ecossistemas na educação básica, abrangendo os níveis fundamental e médio. A abundância desses recursos representa tanto uma oportunidade quanto um desafio para os docentes na hora de selecionar os mais adequados para uso em sala de aula. O objetivo principal é caracterizar esses REDIO com base em dimensões-chave. Foi realizada uma busca sistemática na internet, identificando 277 REDIO únicos relacionados ao tema ecossistemas. Os recursos foram categorizados conforme um sistema de análise composto por seis dimensões: ações do usuário, modos de interação, tipos de representação, abordagens educacionais, conteúdos curriculares e plataformas online. Posteriormente, utilizou-se a análise de cluster para identificar perfis e padrões. Os resultados revelam uma prevalência acentuada de atividades individuais do tipo pergunta-resposta e associação simples voltadas à avaliação de conhecimentos factuais, com predominância de representações textuais. Observa-se uma escassez de atividades que promovam o raciocínio, a experimentação ou a argumentação científica. Há um uso limitado da interatividade como ferramenta para promover aprendizagens significativas, priorizando-se abordagens centradas na memorização em detrimento da compreensão. Esse padrão pode estar relacionado à facilidade de criação de conteúdos em plataformas digitais com modelos pré-formatados, o que, por outro lado, restringe a diversidade pedagógica. Este trabalho contribui com uma caracterização sistemática dos REDIO atualmente disponíveis para o ensino de ecossistemas.

Palavras-chave

recursos educacionais digitais; ensino de ecossistemas; análise multidimensional; tipologias de recursos digitais; caracterização de recursos educacionais

## Introducción

El rápido avance de las tecnologías digitales en las últimas décadas ha propiciado la creación y difusión masiva de recursos educativos en formato digital a través de internet. Desde empresas especializadas en contenidos educativos, hasta instituciones públicas y docentes particulares, son muchos los actores que diseñan y comparten todo tipo de recursos. Como resultado, los docentes tienen ahora a su disposición un amplio y variado conjunto de materiales digitales para apoyar sus clases, o bien para que el alumnado pueda usarlos en línea desde sus hogares. Los recursos educativos digitales disponibles actualmente son altamente diversos tanto en la forma como en el fondo, abarcando desde videos explicativos, videojuegos, animaciones, simulaciones, ejercicios interactivos de preguntas y respuestas, actividades para completar, relacionar conceptos o arrastrar elementos, entre otros muchos formatos (Tapia, 2020; López-Simó *et al.*, 2020). Esta amplia variedad comprende prácticamente todos los contenidos curriculares de las distintas disciplinas (ciencias, lenguas, matemáticas, arte, etc.) y etapas educativas.

Dentro de las ciencias naturales, una de las temáticas donde se encuentran múltiples recursos educativos son los ecosistemas, ya que la enseñanza de estos juega un papel relevante dentro de la mayoría de los currículos, ya sean nacionales o regionales. Una rápida búsqueda en internet permite identificar decenas de videos, animaciones, tareas o videojuegos interactivos donde se pide al estudiante (el usuario del recurso) interactuar de un modo u otro con el recurso, ya sea respondiendo a preguntas, navegando, seleccionando opciones, etc. Sin embargo, esta variedad y abundancia de recursos educativos relacionados con una temática como los ecosistemas a veces puede ser también un elemento de confusión, ya que

la falta de orientación sobre las principales características de los recursos digitales disponibles en la red, y su idoneidad para el desarrollo en el aula constituyen una dificultad significativa para los docentes a la hora de su elección y uso en clase, como señalan Ouariachi *et al.* (2017). La disponibilidad de estos recursos digitales interactivos constituye una gran oportunidad didáctica, pero su diversidad implica también el reto para docentes de seleccionar los más apropiados para el logro de sus objetivos en la enseñanza de la biología y particularmente de los ecosistemas.

Ante esta problemática, el presente trabajo se plantea como objetivo principal caracterizar un conjunto de recursos educativos digitales, interactivos y en línea, de libre acceso y en español, para la enseñanza y el aprendizaje de los ecosistemas en la educación primaria o secundaria. Específicamente, se busca seleccionar y caracterizar dicho conjunto de recursos mediante descriptores didácticos, analizar la prevalencia de estas características e identificar las tipologías más relevantes tanto por su frecuencia como por sus características didácticas. Se espera que los resultados permitan orientar al profesorado al momento de seleccionar recursos digitales para sus clases sobre ecosistemas, así como identificar áreas de oportunidad en cuanto al diseño de este tipo de recursos educativos. Por tanto, este trabajo pretende ser una contribución hacia un aprovechamiento más efectivo de las tecnologías digitales interactivas para la enseñanza y el aprendizaje de los ecosistemas en la escuela.

## Antecedentes

Para el presente trabajo se ha realizado una revisión bibliográfica para establecer el estado del arte, en la cual se tuvo en cuenta a seis autores que han realizado aportes relevantes

para comprender y clasificar los recursos educativos digitales, especialmente aquellos con componentes interactivos y en línea.

Entre los autores se puede mencionar a Gros (2000), quien propone una de las primeras taxonomías para clasificar estos recursos educativos basándose en su interactividad, intencionalidad educativa y contenido específico. Asimismo, Lawless y Schrader (2010) clasifican los recursos educativos según habilidades cognitivas, mientras que Pintó *et al.* (2010) los identifican según tipos de aprendizaje. Por su parte, Ouariachi *et al.* (2017) distinguen entre recursos informativos, comunicativos y de simulación, mientras que López-Simó *et al.* (2017) proponen una taxonomía que se fundamenta en el contexto de la práctica científica, con el fin de entender cómo los recursos digitales influyen en la enseñanza de las ciencias. A su vez, Galván-Pérez *et al.* (2018) identifican varios tipos de recursos educativos según su accesibilidad y enfoque, incluyendo aquellos que emplean realidad aumentada y realidad virtual. Por otro lado, López-Simó (2021) presenta una clasificación que se centra en el grado de realidad o virtualidad de los recursos, junto con su capacidad para promover la exploración y la expresión de ideas entre los estudiantes.

Si bien estas investigaciones han sentado bases importantes para comprender y categorizar los recursos educativos digitales interactivos y en línea, aún no se han encontrado trabajos que se enfoquen específicamente en la evaluación y clasificación de este tipo de recursos para la enseñanza del modelo de ecosistemas, tema central que será abordado en detalle en el marco teórico y metodológico de este estudio.

## Marco teórico

### ¿Qué se entiende por la enseñanza de los ecosistemas?

La enseñanza sobre ecosistemas en el aula implica abordar múltiples conceptos y fenómenos complejos fuertemente interrelacionados. Tal como plantea Kammerbauer (2001), un ecosistema se define como un sistema conformado por organismos vivos y su ambiente físico, conectados mediante el intercambio de energía, materia e información. Los ecosistemas integran diversos elementos, entre ellos: flujos de energía provenientes principalmente del sol, ciclos de elementos como el agua, nutrientes y carbono que se transforman y circulan, una trama de organismos interactuando, adaptándose y regulando poblaciones, así como un ambiente físico que provee condiciones y recursos. Todos estos componentes configuran un entramado dinámico que hace posible la continuidad de la vida (Kammerbauer, 2001).

Existen diversas perspectivas al abordar la enseñanza de este tema, ya que el concepto de ecosistema es sumamente abstracto y sistémico. Enseñar sobre ecosistemas puede implicar centrarse en las tipologías de ecosistemas existentes

(bosques, desiertos, estuarios, ecosistemas marinos, etc.), su localización geográfica, sus componentes bióticos y abióticos, las relaciones tróficas intra e interespecíficas, las pirámides de biomasa, los diagramas de flujos de materia y energía o las interacciones con otros ecosistemas contiguos, entre otros (Bermúdez y De Longhi, 2006; García-Rodeja et al. 2020).

Ante tal diversidad de contenidos curriculares relacionados con los ecosistemas, el proceso de enseñanza-aprendizaje que se da en las aulas transita desde preguntas fácticas como ¿qué es un ecosistema? o ¿qué tipos de ecosistemas existen en el planeta?, hasta demandas más complejas y competenciales que buscan la comprensión, aplicación y evaluación de conocimientos por parte del estudiante sobre las consecuencias de desequilibrios en la trama ecosistémica. Esta diversidad de niveles de comprensión conceptual y sistémica ha llevado a proponer desde la didáctica de las ciencias el concepto de “alfabetización ecológica”. Esto se refiere a la progresiva apropiación de los principios de funcionamiento y organización de los ecosistemas por parte de los estudiantes, para poder aplicar dicho entendimiento a problemas socioambientales actuales y tomar decisiones fundamentadas (García-Rodeja et al., 2020). Sin embargo, desarrollar la alfabetización ecológica en el aula involucra superar retos didácticos y disciplinares que demandan atención tanto en la planificación docente como en la implementación de actividades. Bajo esta perspectiva, Marbà (2020) plantea que se requiere una estructuración cuidadosa de los conceptos para que los estudiantes construyan paulatinamente su conocimiento sobre principios ecológicos clave, superando la lógica de la memorización fragmentada de datos y hechos desconectados entre ellos.

En este contexto, la propuesta de orientación curricular incluida en los *Next Generation*

*Science Standards* (NGSS, 2013) entregan un útil marco al establecer expectativas progresivas sobre lo que los estudiantes deben saber y poder hacer en ciencias a lo largo de su escolaridad. Sus “ideas nucleares” para la enseñanza de ecosistemas abordan dimensiones centrales como las relaciones de interdependencia, los ciclos de materia y energía, la dinámica y resiliencia ecosistémica, y la interacción entre biodiversidad y seres humanos. Conseguir que el alumnado estructure sus ideas sobre ecosistemas en torno de estas dimensiones ayudaría al desarrollo de su alfabetización ecológica según lo planteado por García-Rodeja et al. (2020).

### ¿Qué se entiende por recursos educativos digitales interactivos y online?

Los recursos educativos digitales pueden ser definidos como herramientas tecnológicas, generalmente basadas en software educativo, que se emplean en contextos educativos, con el propósito de apoyar los procesos de enseñanza y aprendizaje a través de la internet y de dispositivos mediadores. Constituyen una amplia variedad de herramientas educativas que se han expandido en los últimos años. Como señalan Márquez y Márquez (2018), estos recursos ofrecen posibilidades de comunicación, colaboración e intercambio de información entre los participantes del proceso educativo, y en los últimos años han posibilitado explorar nuevas formas de personalización, colaboración e hibridación de entornos de aprendizaje (Hernández, 2017), que resultan fundamentales en el complejo panorama educativo posterior a la pandemia de COVID-19 (Cotino, 2020).

Actualmente, existe una gran diversidad de recursos educativos digitales en cuanto a sus características: pueden ser utilizados tanto

online como offline; permiten incorporar entornos virtuales o dispositivos electrónicos híbridos; y pueden emplear diferentes modalidades de lenguajes, formas de interacción (teclado, ratón, pantalla táctil, etc.) y dinámicas de interacción. Ante esta amplia casuística de recursos educativos digitales, varios autores han propuesto taxonomías y formas de clasificación centradas en distintos criterios.

Gros (2000) distingue cinco categorías según el grado de interactividad, la intencionalidad educativa y el contenido específico: recursos instructivos, recursos para el acceso a la información, recursos para la creación, recursos para el desarrollo de estrategias y recursos para la comunicación. Por su parte, Lawless y Schrader (2010) se centran en las habilidades cognitivas implicadas, como habilidades motoras e intelectuales básicas, habilidades de predicción, estrategias y motricidad avanzada, habilidades de planificación, gestión de recursos y organización estratégica, así como habilidades de análisis y resolución de problemas.

Asimismo, Pintó *et al.* (2010) clasifican estos recursos según los tipos de aprendizaje que promueven, diferenciando entre aquellos que favorecen el aprendizaje procedimental, la comprensión de conceptos científicos, el desarrollo del pensamiento crítico y la organización y representación del conocimiento. Otros autores, como Ouariachi *et al.* (2017), distinguen entre recursos informativos, comunicativos y de simulación, mientras que López-Simó *et al.* (2017) se basan en el marco de práctica científica para categorizar el papel de cada tipo de recurso, considerando la relación del estudiante con el contenido del recurso, la especificidad del recurso respecto a la disciplina, la naturaleza del fenómeno y la concepción del aprendizaje.

De igual manera, Galván-Pérez *et al.* (2018) diferencian los recursos educativos digitales en recursos educativos abiertos, juegos serios, realidad aumentada y realidad virtual. Finalmente, López-Simó (2021) propone una taxonomía centrada en el plano de realidad o virtualidad y en cómo estos recursos están orientados a explorar e interactuar con modelos o a la expresión de ideas del alumnado en el contexto de la enseñanza de las ciencias.

Cada una de estas propuestas ofrece una perspectiva relevante para entender el amplio espectro de posibilidades que brindan estos recursos. Sin embargo, el presente trabajo se centra en aquellos recursos educativos digitales que cumplan con tres características principales: interactividad, acceso online y disponibilidad de uso libre. Por interactividad se hace referencia a recursos que promueven el diálogo y el intercambio entre participantes, y que responden a las acciones de los estudiantes con los dispositivos (Marquès, 1996), lo que excluye a todos aquellos recursos que, por ejemplo, simplemente impliquen la lectura de un texto (por ejemplo, en formato PDF) o la visualización de un video online (por ejemplo, en *Youtube*). A su vez, se hace foco en aquellos recursos de acceso online, de forma que puedan ser usados a través de un navegador de internet sin la necesidad de tener instalado un software específico, excluyendo así todos los recursos que implican el uso de hardware específico o también de dispositivos digitales

periféricos (sensores, robots, cámaras, etc.). Finalmente, se tienen en cuenta los recursos cuya disponibilidad sea solo de uso libre y gratuito, de manera que el acceso, la adaptación y la redistribución de los recursos no presenten restricciones legales o económicas, aunque en algunos casos incluya publicidad. Es decir, el núcleo de este estudio serán los ahora denominados “Recursos Educativos Digitales Interactivos y Online” (REDIO en adelante).

## Metodología

Con el objetivo de caracterizar de forma sistemática los REDIO orientados a la enseñanza de los ecosistemas disponibles en 2023 de forma gratuita y en español, se plantea una metodología mixta, que integra análisis cualitativos y cuantitativos. Por un lado, la aproximación metodológica cualitativa es esencial para identificar, seleccionar y realizar un primer nivel de caracterización de la muestra de REDIO obtenidos de internet. Por el otro, los análisis cuantitativos son necesarios para determinar la prevalencia de cada una de las categorías definidas, en el conjunto de herramientas analizadas.

La metodología de investigación está estructurada en tres fases: 1) selección de los REDIO, mediante una búsqueda y selección sistemática; 2) categorización de estos recursos en un sistema de análisis de 6 dimensiones; y 3) clusterización utilizando variables activas e ilustrativas, para identificar perfiles y patrones.

### Fase 1: selección sistemática de los REDIO

El objetivo de esta primera fase fue llevar a cabo una selección sistemática y exhaustiva de los REDIO de acceso libre en español, disponibles para la enseñanza de los ecosistemas a fecha de principios de 2023. Para lograr esto, se utilizó un proceso de búsqueda sistemática inspirado en el método PRISMA (Preferred

Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) descrito por Page *et al.* (2021).

Inicialmente, se establecieron palabras claves específicas para realizar la búsqueda en internet. Estas se dividieron en dos grupos: 1) palabras relacionadas con contenidos sobre ecosistemas (donde se incluyeron los términos ecosistema, red trófica, ciclos biogeoquímicos, niveles tróficos y biodiversidad) y 2) palabras vinculadas con mecánicas y formatos digitales interactivos (incluye los términos juego, simulación, animación interactiva, recurso interactivo, videojuego, quiz, examen y preguntas).

Las búsquedas se realizaron en el buscador de Google, combinando cada palabra de contenidos con cada palabra de mecánicas y formatos digitales. Se revisaron las primeras 10 páginas de resultados de cada consulta, al considerar que estas suelen presentar mayor relevancia (Google, 2023). A su vez, se exploraron recursos en plataformas especializadas en recursos educativos y se examinaron las primeras 5 páginas de cada plataforma.

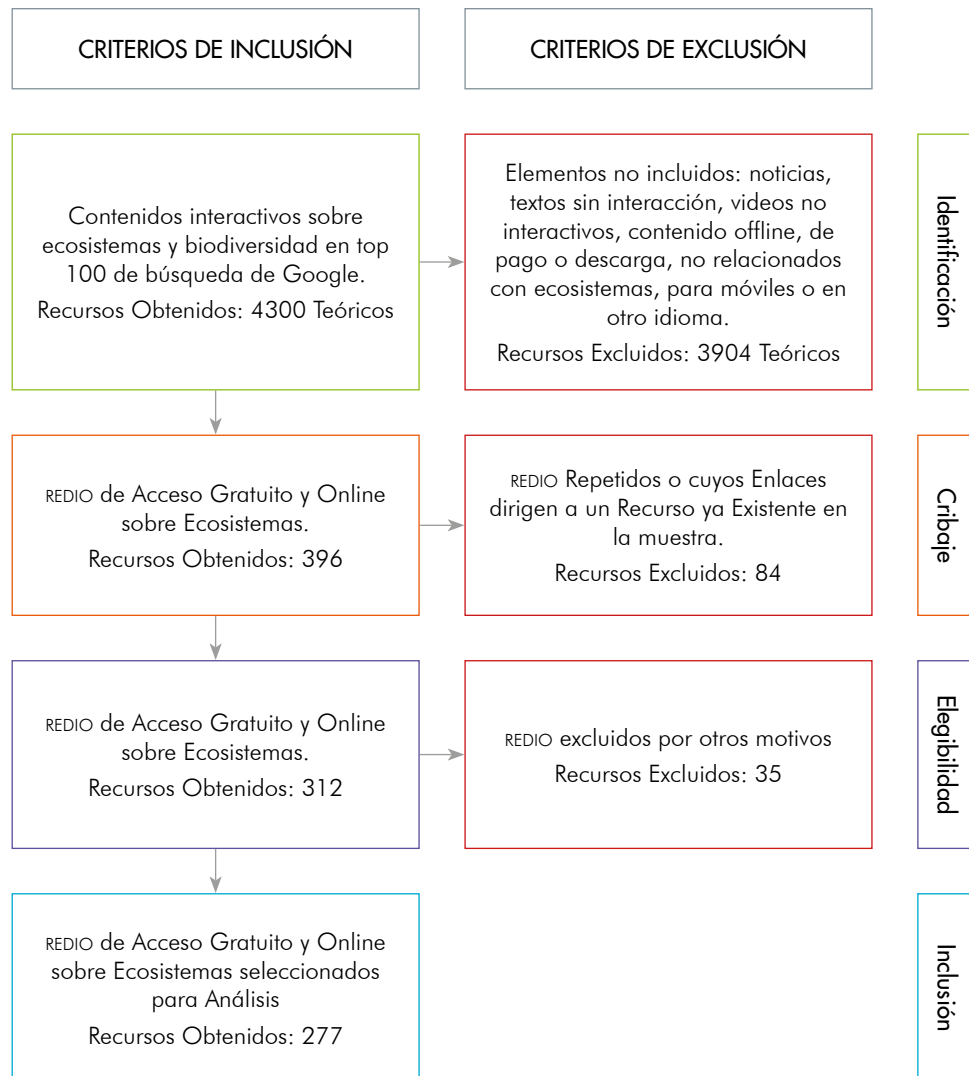
Los resultados se sometieron a un filtrado sistemático basado en criterios de inclusión y exclusión predefinidos, tal como se muestran en la figura 1. Así, al combinar los 5 términos de búsqueda sobre contenidos y los 8 términos de búsqueda sobre recursos (por ejemplo ecosistema + juego, luego ecosistema + simulación, etc.), se obtuvieron un total de 40 combinaciones. Y, teniendo en cuenta que para cada combinación se consideraron las 100 primeras entradas de Google, esto nos dio un total de 4000 posibilidades de recursos. A estas 4000 se les sumaron 300 posibles enlaces a las principales plataformas de recursos, para un total de 4300 posibles resultados teóricos.

Sin embargo, de estos 4300 resultados, en primer lugar, se excluyeron todos los enlaces que no cumplían con los criterios de identificación:

noticias, videos de *YouTube* u otras plataformas, documentos en PDF, posts en redes sociales, etc.; recursos dirigidos a enseñanza superior o universitaria, excluyendo también todos los recursos que fueran *offline* o en idiomas distintos al español. De este modo, se identificaron un total de 396 recursos que cumplieran con las características esperadas.

En una posterior fase de cribaje se eliminaron los enlaces duplicados (ya que algunas búsquedas distintas llevaban al mismo resultado), y, para cumplir los criterios de elegibilidad, se refinó aún más la muestra al descartar aquellos enlaces que no funcionaban adecuadamente. De este modo, se obtuvo una selección final de 277 REDIO únicos disponibles en internet para la enseñanza de ecosistemas.

**Figura 1.** Proceso de búsqueda sistemática de REDIO



**Fuente:** elaboración propia.

Estos 277 recursos seleccionados se registraron en una base de datos donde se especificó un código identificativo en formato de número, las palabras claves que se habían empleado para encontrarlo, el vínculo o URL de este y la plataforma en la que está alojado. Esta compilación de REDIO constituye el insumo principal para las siguientes fases de análisis.

## Fase 2: categorización de los REDIO mediante un sistema de análisis de 6 dimensiones

El propósito de esta segunda fase fue diseñar y aplicar un instrumento que permitiera analizar

y categorizar los 277 REDIO seleccionados en la Fase 1. Para ello, se definió un primer sistema de categorización constituido por 9 dimensiones y 39 categorías. Este se sometió a un proceso de triangulación con la participación de los dos autores del artículo por separado, así como 3 docentes externos con experiencia en la enseñanza de la biología, que aplicaron el instrumento preliminar a una muestra piloto de REDIO y se compararon los resultados obtenidos. Finalmente, se optó por un sistema compuesto por 6 dimensiones, cada una de ellas asociada con un conjunto de categorías que permiten un análisis detallado de las características de los recursos digitales, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 1.** Sistema de dimensiones y categorías

Dimensión	Categorías
<b>Acciones de usuario:</b> ¿Qué tipo de interacción realiza la persona usuaria con cada recurso a través del teclado, el ratón o la pantalla?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arrastrar (objetos o elementos).</li> <li>• Desplazar (un avatar).</li> <li>• Escribir (con el teclado).</li> <li>• Modificar parámetros y valores numéricos.</li> <li>• Seleccionar (objetos, palabras u otros elementos gráficos).</li> <li>• Visualizar la información.</li> </ul>
<b>Modos de interacción:</b> ¿Qué tipo de interacción realiza la persona usuaria con otras personas?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Colaborativo.</li> <li>• Competitivo.</li> <li>• Solitario.</li> </ul>
<b>Tipos de representaciones:</b> ¿Qué tipo de representaciones son las que se usan de forma mayoritaria en cada recurso?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Artísticas.</li> <li>• Diagramáticas.</li> <li>• Fotográficas.</li> <li>• Gráficas técnicas.</li> <li>• Textuales.</li> </ul>
<b>Tipos de enfoques educativos:</b> ¿Cuál es la finalidad didáctica subyacente en cada recurso?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluar el conocimiento previo del alumnado.</li> <li>• Evaluar el razonamiento y la comprensión conceptual del alumnado.</li> <li>• Evaluar la comprensión literal de la información que aparece en el recurso.</li> <li>• Experimentar con un sistema o fenómeno (modificando variables)</li> <li>• Presentar al alumnado información enciclopédica.</li> </ul>
<b>Tipos de contenidos curriculares:</b> ¿Qué temáticas curriculares sobre ecosistemas se abordan en cada recurso?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Biodiversidad.</li> <li>• Componentes del ecosistema.</li> <li>• Definiciones básicas sobre ecosistemas.</li> <li>• Dinámicas de población en un ecosistema.</li> <li>• Flujo de energía en un ecosistema.</li> <li>• Problemáticas ambientales.</li> <li>• Temáticas integrales de ecología.</li> <li>• Tipos de ecosistemas y biomas.</li> <li>• Gestión Ambiental.</li> </ul>
<b>Plataformas online:</b> ¿En qué plataforma online se puede encontrar cada recurso?	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Celebrity.</li> <li>• Educaplay.</li> <li>• Quizizz.</li> <li>• Wordwall.</li> <li>• Cienciacontic.</li> <li>• Quizalize.</li> <li>• JuegosArea.</li> <li>• PhetColorado.</li> <li>• (Otras).</li> </ul>

**Fuente:** elaboración propia.

Una vez definido y refinado el sistema de categorización, se procedió a aplicar el instrumento a toda la muestra de 277 REDIO previamente compilada. Los resultados se registraron en una tabla de Excel, indicando para cada recurso analizado (filas) el número de categoría correspondiente en cada una de las 6 dimensiones evaluadas (columnas). Una vez elaborada la categorización de las 277 unidades de análisis, se realizó un recuento y representación en gráficas de superficie de los resultados, para determinar la prevalencia de las distintas categorías en cada dimensión.

### Fase 3: clusterización mediante variables activas e ilustrativas

En paralelo al recuento de la prevalencia de cada categoría asociada a cada dimensión, se realizó un proceso de clusterización. Para ello, inicialmente se eligieron las variables activas (es decir, aquellas que permiten conformar grupos homogéneos de recursos similares entre sí), en base a las dimensiones presentadas en la Tabla 1. En este caso, se seleccionaron como variables activas para la clusterización las dimensiones “acciones de usuario”, “tipos de representaciones” y “tipos de enfoques educativos”. La dimensión “modos de interacción” fue descartada ya que, como se verá en los resultados, la inmensa mayoría de casos correspondían a una única categoría, haciendo de esta dimensión una variable no operativa. Finalmente, las variables “tipos de contenidos curriculares” y “plataformas online” se usaron posteriormente como variables ilustrativas, es decir no para agrupar sino para describir y caracterizar en detalle los agrupamientos.

Así, la base de datos fue organizada a partir de la combinación de categorías dentro de estas tres dimensiones. Por ejemplo, se agruparon todos los recursos categorizados como Interacción de tipo “seleccionar” con modalidad de lenguaje de tipo “representaciones textuales” y enfoque didáctico de tipo “evaluación de comprensión literal” y se analizó cuál era el denominador común de todos los recursos que cumplían estas 3 categorías, asignándole una definición. Para hacer esta agrupación, se usaron filtros y tablas dinámicas de Excel, y se obtuvo como resultado la clasificación que presentaremos en la Tabla 2.

### Resultados y análisis

A continuación, se presenta, por un lado, los resultados de la caracterización de los  $n=277$  REDIO seleccionados usando estadística descriptiva, y por el otro, la caracterización a través de los 8 clústeres definidos.

### Caracterización de los REDIO a través del análisis de dimensiones

Al examinar las frecuencias de aparición de las diferentes categorías presentes en los REDIO para la enseñanza de ecosistemas (figura 2), se observa una serie de tendencias generales que permiten comprender mejor el diseño y la utilización de

estos recursos. Esta aproximación desvela una serie de aspectos relevantes a considerar, tales como la preponderancia de ciertas acciones del usuario, el modo de interacción dominante, la

preferencia por determinadas representaciones de la información, el enfoque educativo predominante, los contenidos curriculares más frecuentes y las plataformas online más utilizadas.

Figura 2. Prevalencia de las distintas categorías en cada dimensión.



Recursos digitales interactivos para la enseñanza de ecosistemas: tipologías, enfoques y desafíos didácticos  
Johán Alberto Guevara-Córdoba, Víctor López-Simó

Al examinar las frecuencias de diversas *acciones de usuario* en los REDIO, se observa que la acción más frecuente es “Seleccionar” (47%), seguida por “Arrastrar objetos” (24%) y “Visualizar” (12%). En contraste, acciones potencialmente más complejas como “Escribir” (8%), “Modificar” (6%) y “Desplazar” (4%) presentan menores porcentajes. Estas tendencias sugieren que el diseño de los REDIO puede estar influenciado por la facilidad de implementación de interacciones simples en plataformas digitales, así como por limitaciones como falta de conocimientos tecnológicos y recursos limitados. Aunque estas actividades prácticas son accesibles, podrían no promover adecuadamente el desarrollo de habilidades cognitivas superiores en los estudiantes.

Respecto al *modo de interacción*, la mayoría de los REDIO promueven actividades individuales sin interacción entre estudiantes (90%), mientras que las interacciones competitivas o colaborativas son menos comunes (8% y 2%, respectivamente). Esta prevalencia de actividades individuales puede estar relacionada con la facilidad de implementación y limitaciones de tiempo y recursos. Sin embargo, las interacciones grupales son fundamentales para el aprendizaje de conceptos biológicos complejos, como la interdependencia en los ecosistemas, por lo que la integración de modalidades colaborativas podría enriquecer el aprendizaje (Johnson y Johnson, 2002).

En cuanto a los *tipos de representaciones* de información y contenidos utilizados, los REDIO muestran un claro predominio de las representaciones textuales (69%), en comparación con formatos como fotografías (16%), artísticos (9%), gráficos técnicos (4%) y diagramáticos (1%). Según Lemke (1998), esta tendencia refleja la valoración tradicional del texto en la educación. Sin embargo, una integración más balanceada de diferentes tipos de representaciones podría proporcionar una experiencia de aprendizaje más rica. Otras posibles razones son las limitaciones tecnológicas o creativas para generar representaciones más enriquecedoras, y las preferencias del público estudiantil por textos debido a su familiaridad, o a que la creación de contenido textual puede ser más sencillo y menos costoso que la producción de representaciones más visuales o interactivas.

En lo que respecta a los *tipos de enfoques educativos*, los REDIO se enfocan principalmente en evaluar el conocimiento previo (75%) y la comprensión literal (12%), mientras que métodos que evalúan la aplicación práctica del conocimiento como el enfoque experimental (8%) y el Evaluativo de razonamiento y comprensión (1%) son menos comunes. Esta distribución indica una preferencia por revisar conceptos básicos más que por fomentar habilidades de pensamiento crítico y análisis profundo. Según Sanmartí y Marchán-Carvajal (2014), centrarse solo en conocimientos básicos puede limitar el entendimiento de conceptos más complejos. Resaltan la importancia de utilizar los REDIO no solo para evaluar sino también para promover el pensamiento crítico, la resolución de problemas y el análisis reflexivo, esenciales para el desarrollo cognitivo completo de los estudiantes.

La distribución de *tipos de contenidos curriculares* en los REDIO revela una preferencia por el “flujo de energía en un ecosistema” (25%), seguido por “temáticas integrales” y “componentes del ecosistema” (ambos 14%). Temas como “biodiversidad” y “definiciones básicas” se tratan con menor frecuencia (12% y 8%, respectivamente), mientras que problemáticas ambientales y dinámicas de población son aún menos comunes (4%). Estos hallazgos pueden estar vinculados al uso habitual de estos recursos para evaluar los contenidos tratados en los módulos de clase, siguiendo la dimensión “enfoques educativos” mencionada anteriormente. Según Thagard (1992), es esencial tener una comprensión sólida de los componentes básicos y los tipos de un sistema antes de poder entender sus relaciones y funciones más complejas.

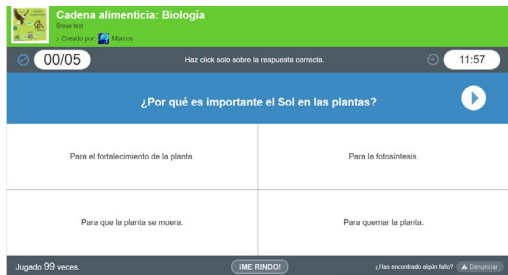
Por último, el análisis de las *plataformas online* donde se alojan los REDIO revela un panorama interesante que merece una exploración más profunda. Según los resultados, se destaca un claro predominio de ciertas opciones, como “Cerebrity” (31%), seguido por “Educaplay” (25%), “Quizizz” (15%), y “Wordwall” (13%). Otras tienen una presencia más modesta, como “Cienciascon TIC” (3%) y “Quizalize” (2%), “PhetColoradoedu” (1%) y

“Juegosarea” (1%). Estos resultados pueden explicarse por la popularidad y reconocimiento de ciertas plataformas entre los docentes que pueden influir en su elección. Sin embargo, es importante considerar que esta concentración en unas pocas opciones también podría limitar la diversidad de enfoques educativos disponibles para los estudiantes. En este sentido, autores como Hattie y Yates (2018), han destacado la importancia de la diversificación de estrategias educativas para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes.

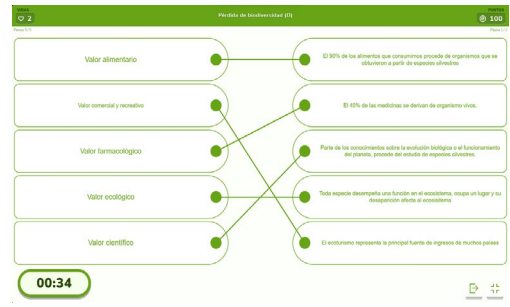
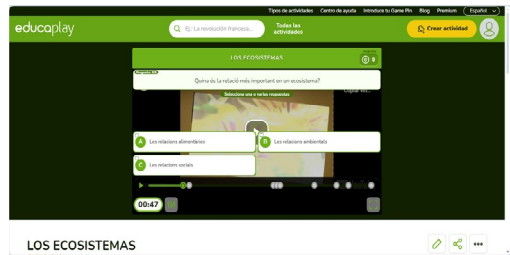
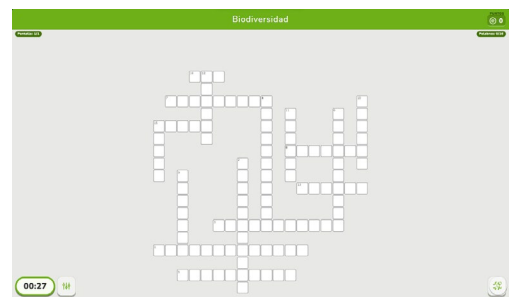

### Caracterización de los REDIO a través de clústeres


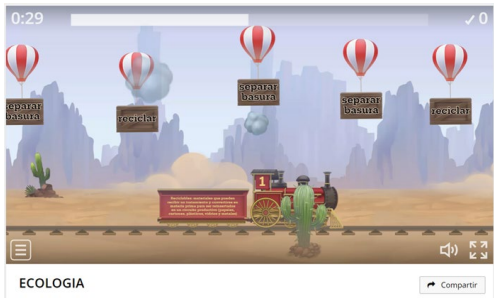

A través de la agrupación por variables activas, se han obtenido un total de 8 clústeres, presentados en la Tabla 2. Esta tabla ofrece una clasificación detallada de diversas tipologías de REDIO utilizados para la enseñanza de conceptos ecológicos y de ecosistemas. Cada fila de la tabla describe un clúster, y en diferentes columnas se especifican las variables activas (acción que el estudiante debe realizar, el enfoque educativo propuesto, y las representaciones de contenido empleadas) y las variables ilustrativas (la temática central y la plataforma digital mayoritaria asociada), así como un ejemplo y un enlace para cada clúster.

**Tabla 2.** Clústeres de REDIO en español, de acceso libre para la enseñanza de los ecosistemas

Nombre del Clúster	Variables activas	Variables ilustrativas	Ejemplo
Quiz de opción múltiple con respuestas de texto. (113)	<p><b>Acción:</b> Seleccionar una opción.</p> <p><b>Temática:</b> Tipos de ecosistemas y biomas.</p> <p><b>Enfoque:</b> Evaluar conocimiento previo.</p>	<p><b>Representaciones:</b> Textual.</p> <p><b>Plataforma:</b> Cerebrity.</p>	

Fuente: <https://acortar.link/Ockvmo>

Nombre del Clúster	Variables activas	Variables ilustrativas	Ejemplo
<p>Actividades de asociación texto-texto o texto-imagen. (72)</p>	<p><b>Acción:</b> Arrastrar objetos.  <b>Temática:</b> Flujo de energía en un ecosistema.  <b>Enfoque:</b> Evaluar conocimiento previo.</p>	<p><b>Representaciones:</b> Combinación de textual, foto-realista y artístico.  <b>Plataforma:</b> Cerebrity.</p>	 <p><b>Fuente:</b> <a href="https://acortar.link/1egfxw">https://acortar.link/1egfxw</a></p>
<p>Videos con preguntas integradas. (30)</p>	<p><b>Acción:</b> Visualizar.  <b>Temática:</b> Componentes del ecosistema.  <b>Enfoque:</b> Evaluar comprensión.</p>	<p><b>Representaciones:</b> Combinación de textual, foto-realista.  <b>Plataforma:</b> Educaplay.</p>	 <p><b>Fuente:</b> <a href="https://acortar.link/1K7Yzv">https://acortar.link/1K7Yzv</a></p>
<p>Actividades de rellenar o completar texto. (18)</p>	<p><b>Acción:</b> Escribir.  <b>Temática:</b> Temáticas integrales de ecología.  <b>Enfoque:</b> Evaluar conocimiento previo.</p>	<p><b>Representaciones:</b> Textual.  <b>Plataforma:</b> Educaplay.</p>	 <p><b>Fuente:</b> <a href="https://acortar.link/Cf6Jiv">https://acortar.link/Cf6Jiv</a></p>
<p>Simulaciones virtuales de ecosistemas. (17)</p>	<p><b>Acción:</b> Modificar parámetros y valores.  <b>Temática:</b> Dinámica de poblaciones.  <b>Enfoque:</b> Experimentar.</p>	<p><b>Representaciones:</b> Combinación de foto-realista y gráfico.  <b>Plataforma:</b> CienciasCONTIC.</p>	<p>ECOSISTEMA ISLA ROYALE</p>  <p><b>Fuente:</b> <a href="https://acortar.link/snxcoh">https://acortar.link/snxcoh</a></p>

Nombre del Clúster	Variables activas	Variables ilustrativas	Ejemplo
Actividades de pasatiempo sobre ecosistemas. (11)	<b>Acción:</b> Arrastrar objetos. <b>Temática:</b> Definiciones básicas. <b>Enfoque:</b> Sin intención didáctica.	<b>Representaciones:</b> Textual. <b>Plataforma:</b> Educaplay.	
Videojuegos con preguntas y retos sobre ecosistemas. (9)	<b>Acción:</b> Desplazar un avatar. <b>Temática:</b> Problemáticas ambientales y Tipos de ecosistemas y biomas. <b>Enfoque:</b> Evaluar conocimiento previo.	<b>Representaciones:</b> Combinación de artístico y foto-realista. <b>Plataforma:</b> Wordwall.	
Animaciones y recursos enciclopédicos sobre ecosistemas. (7)	<b>Acción:</b> Visualizar. <b>Temática:</b> Temáticas integrales de ecología. <b>Enfoque:</b> Presentar información.	<b>Representaciones:</b> Combinación de textual, foto-realista y artístico. <b>Plataforma:</b> Ambientech.	

**Fuente:** elaboración propia.

A partir de esta tabla, se observa que los quiz de opción múltiple, con 113 instancias, son los más comunes y se utilizan primordialmente para evaluar el conocimiento previo sobre tipos de ecosistemas y biomas, empleando mayoritariamente representaciones textuales en la plataforma Cerebrity. Le siguen en frecuencia las actividades de asociación texto-texto o texto-imagen, con 72 menciones, enfocadas en el flujo de energía en un ecosistema y que utilizan una combinación de repre-

sentaciones textuales, foto-realistas y artísticas. Los videos con preguntas integradas aparecen 30 veces, dirigidos a evaluar la comprensión sobre los componentes de los ecosistemas, y se destacan por el uso de representaciones foto-realistas y textuales en Educaplay. Las actividades de rellenar o completar texto, presentes en 18 ocasiones, promueven la escritura para evaluar conocimientos previos en temáticas integrales de ecología, exclusivamente en formato textual. Las simulaciones

virtuales, con 17 registros, permiten a los estudiantes modificar parámetros y valores en escenarios de dinámica de poblaciones, y ofrecen una experiencia inmersiva a través de representaciones gráficas y foto-realistas en CienciasCONTIC. Menos frecuentes son las actividades de pasatiempo sobre ecosistemas y los videojuegos con preguntas y retos, con 11 y 9 apariciones respectivamente, los cuales emplean acciones de arrastrar objetos y desplazar avatares para introducir definiciones básicas y problemáticas ambientales mediante combinaciones de representaciones artísticas y foto-realistas. Finalmente, las animaciones y recursos enciclopédicos, aunque menos prevalentes con 7 ejemplos, se utilizan para presentar información detallada sobre ecología en diversos formatos visuales en Ambientech.

Estos resultados sugieren la prevalencia de actividades de pregunta-respuesta y asociación simple, principalmente centradas en la evaluación de conocimientos factuales. Como propone García-Rodicio (2016), estas acciones pueden representar un menor costo para el docente y el estudiante, tanto en esfuerzo cognitivo como en tiempo de implementación y respuesta. Sin embargo, se observa un uso limitado de recursos interactivos más avanzados, como simulaciones o herramientas colaborativas. Estos tipos de REDIO, aunque menos frecuentes, podrían ofrecer un enfoque pedagógico diferente, orientado a la experimentación y a la colaboración, promoviendo un aprendizaje más profundo. Por ejemplo, las simulaciones virtuales permitirían a los estudiantes manipular variables para observar efectos en un ecosistema, facilitando la comprensión de relaciones complejas y procesos dinámicos. Además, los recursos colaborativos, donde los estudiantes trabajan juntos en la resolución de problemas, pueden fomentar habilidades de pensamiento crítico (Márquez y Roca, 2006), mejorando así la comprensión de conceptos ecosistémicos al integrar perspectivas diversas. Incluir más actividades de este tipo podría equilibrar la tendencia actual hacia la memorización, favoreciendo una experiencia de aprendizaje más enriquecedora al no limitar el desarrollo de habilidades de pensamiento crítico y creativo.

## Conclusiones

La disponibilidad de recursos educativos digitales para la enseñanza de la biología ha aumentado exponencialmente, y brinda a los docentes una vasta gama de herramientas a su disposición. Este fenómeno impulsó el presente estudio hacia una revisión exhaustiva de los Recursos Educativos Digitales Interactivos y Online (REDIO), con el objetivo de obtener una visión global sobre su diseño y utilidad pedagógica. Para ello, a partir de 4300 resultados teóricos en la búsqueda de REDIO sobre ecosistemas, se seleccionaron 277 recursos para su análisis, primero a través de un sistema de clasificación por dimensiones y después a través de una agrupación por clústeres.

Este análisis revela que, pese a la abundancia de recursos, existe una marcada tendencia hacia formatos concretos, que se repiten una y otra vez. Destacan

las actividades de pregunta-respuesta y asociaciones simples, de interacción individual, focalizada en la evaluación de conocimientos factuales del alumnado a través de actividades de tipo quiz, donde los estudiantes deben seleccionar la respuesta correcta de un conjunto de opciones, o en tareas de asociación que conectan conceptos con imágenes. En cambio, hay pocas actividades que promuevan el razonamiento, experimentación o argumentación científica del alumnado.

Estos resultados evidencian una utilización limitada de la interactividad para fomentar procesos de aprendizaje más profundos, e invita a reflexionar sobre la simplicidad predominante en los recursos disponibles, que rara vez aprovechan el potencial de la tecnología digital para promover la experimentación mediante simulaciones o el trabajo colaborativo a través de actividades grupales. Este patrón de diseño, centrado en la memorización más que en la comprensión, puede entenderse como una respuesta a la facilidad de uso y accesibilidad que ofrecen las plataformas digitales. Las plantillas prediseñadas simplifican la creación de contenidos educativos, pero al mismo tiempo, conducen a una homogeneización que favorece los recursos más sencillos y rápidos de elaborar. Aunque esto facilita a los educadores la implementación de tecnologías educativas, también limita la diversidad y riqueza pedagógica de los recursos desarrollados.

## Limitaciones y futuras líneas de estudio

Esta investigación presenta algunas limitaciones inherentes que abren la puerta a futuras líneas de estudio. En primer lugar, la exploración se centró en recursos en español, lo cual restringe la generalización de los hallazgos a contextos donde predominan recursos en otros

idiomas, como el inglés. Ampliar el análisis a recursos en diferentes idiomas permitiría obtener una perspectiva más global y enriquecida sobre las tipologías y características de los REDIO en distintos contextos culturales. Además, el estudio se basó en un análisis teórico sin evaluar directamente el impacto educativo de los REDIO en el aprendizaje de los estudiantes, lo que limita la comprensión de su efectividad para fomentar habilidades cognitivas avanzadas o la motivación estudiantil. Incorporar estudios empíricos en el aula, como experimentos, mediciones cualitativas y cuantitativas, ayudaría a validar de manera más sólida la utilidad pedagógica de estos recursos.

La metodología de búsqueda y selección de REDIO, basada en un solo buscador y en plataformas populares, podría haber sesgado la muestra hacia los recursos más visibles, dejando fuera aquellos menos accesibles, pero potencialmente valiosos. Futuras investigaciones podrían explorar métodos de búsqueda y selección más amplios, incluyendo consultas en diferentes buscadores, bases de datos, y la participación de docentes y expertos, para obtener una visión más completa del panorama de REDIO disponibles. Asimismo, realizar estudios cualitativos mediante encuestas y entrevistas a docentes podría proporcionar una comprensión más profunda de sus percepciones y necesidades respecto a la integración de los REDIO en el aula, lo que facilitaría mejoras en su diseño y aplicación.

Por último, sería valioso desarrollar una rúbrica que establezca criterios y estándares sobre el diseño óptimo de los REDIO, considerando aspectos didácticos, de contenido, demanda cognitiva, y usabilidad. Esto permitiría orientar la creación de recursos hacia una mayor calidad y adecuación a las necesidades educativas de los estudiantes.

## Referencias

- Bermúdez, G. M. Á. y De Longhi, A. L. (2006). Propuesta curricular de hipótesis de progresión para conceptos estructurantes de ecología. *Campo Abierto*, 25 (2), 13-38. [https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/14762/1/0213-9529\\_25\\_2\\_13.pdf](https://dehesa.unex.es/bitstream/10662/14762/1/0213-9529_25_2_13.pdf)
- Cotino, L. (2020). La enseñanza digital en serio y el derecho a la educación en tiempos del coronavirus. *Revista de Educación y Derecho. Education and Law Review*, (21), 2-12. <https://doi.org/10.1344/REYD2020.21.31283>
- Galván-Pérez, L., Ouariachi, T., Pozo-Llorente, M. T. y Gutiérrez-Pérez, J. (2018). Outstanding Videogames on Water: A Quality Assessment Review Based on Evidence of Narrative, Gameplay and Educational Criteria. *Water*, 10(10), 1404. <https://doi.org/10.3390/w10101404>
- García-Rodeja Gayoso, I., Silva García, E. T. y Sesto Varela, V. (2020). Competencia de estudiantes de secundaria para aplicar ideas sobre el funcionamiento de los ecosistemas. *Enseñanza de las Ciencias*, 38(1), 67-85. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2733>
- García-Rodicio, H. (2016). The evaluation of the text comprehension: A comparison between open questions and closed questions. *Certiuni Journal*, 2. [www.certiunijournal.com](http://www.certiunijournal.com)
- Google. (2023). *Cómo funciona la Búsqueda de Google*. <https://developers.google.com/search/docs/fundamentals/how-search-works?hl=es>
- Gros, B. (2000). Del software educativo a educar con software. *Revista Quaderns Digitals* 24, 440-482. [https://www.researchgate.net/publication/237645375\\_del\\_software\\_educativo\\_a\\_educar\\_con\\_software](https://www.researchgate.net/publication/237645375_del_software_educativo_a_educar_con_software)
- Hattie, J. y Yates, G. (2018). *El aprendizaje visible y el estudio de sus procesos*. Ediciones Paraninfo.
- Hernández, R. M. (2017). Impacto de las TIC en la educación: Retos y Perspectivas. *Propósitos y Representaciones*, 5(1), 325-347. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2017.v5n1.149>
- Johnson, D. W. y Johnson, R. T. (2002). *Aprender juntos y solos: Aprendizaje cooperativo, competitivo e individualista*. Grupo Editor Aique.
- Kammerbauer, J. (2001). Las dimensiones de la sostenibilidad: fundamentos ecológicos, modelos paradigmáticos y senderos. *Interciencia*, 26(8). [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442001000800006](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442001000800006)
- Lawless K. A. y Schrader P. G. (2010). *A taxonomy of educational games technology evaluation view project The Global Ed 2 Study View Project*. <https://www.researchgate.net/publication/272166351>
- Lemke, J. (1998). Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. En A. Gomes da Costa (Ed.), *Proceedings of the Barcelona Science*

- Education Congress* (pp. 3-38). Universitat Autònoma de Barcelona. [https://www.researchgate.net/publication/237409674\\_Teaching\\_All\\_the\\_Languages\\_of\\_Science\\_Words\\_Symbols\\_Images\\_and\\_Actions](https://www.researchgate.net/publication/237409674_Teaching_All_the_Languages_of_Science_Words_Symbols_Images_and_Actions)
- López-Simó, V. (2021). ¿Para qué usar herramientas digitales en el aula de ciencia? *Revista de Educación en Biología*, Número Especial, 1-7. <https://www.congresos.adbia.org.ar/index.php/congresos/article/view/857/423>
- López-Simó, V., Couso Lagarón, D., Simarro Rodríguez, C., Garrido Espeja, A., Grimalt Álvaro, C., Hernández Rodríguez, M. I. y Pintó Casulleras, R. (2017). El papel de las TIC en la enseñanza de las ciencias en secundaria desde la perspectiva de la práctica científica. *Enseñanza de las Ciencias*, Número Extraordinario, 691-697.
- López-Simó, V., Couso, D. y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital: El papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *Revista de Educación a Distancia [RED]*, 20(62). <https://doi.org/10.6018/red.410011>
- Marbà Tallada, A. (2020). *Claves para mejorar el currículo de biología Grandes ideas y principios del pensamiento biológico. Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (100), 33-40.
- Marquès, P. (1996). *El software educativo. Comunicación educativa y Nuevas Tecnologías*.
- Márquez Bargalló, C. y Roca Tort, M. (2006). Plantear preguntas: un punto de partida para aprender ciencias. *Revista Educación y Pedagogía*, XVIII(45), 61-71. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/revistaeyp/article/view/6087?articlesBySimilarityPage=1>
- Márquez Cundú, J. S. y Márquez Pelayos, G. (2018). Software educativo o recurso educativo. VARONA. *Revista Científico-Metodológica*, (67), 1-6. <https://www.redalyc.org/journal/3606/360671782014/360671782014.pdf>
- NGSS Lead States. (2013). *Next Generation Science Standards: For States, By States*. National Academies Press.
- Ouariachi, T., Gutiérrez-Pérez, J. y Olvera-Lobo, M. D. (2017). Criterios de evaluación de juegos en línea sobre cambio climático: aplicación del método Delphi para su identificación. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, 22(73), 445-474. <https://ojs.rmie.mx/index.php/rmie/article/view/481/883>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S. and Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Pintó, R., Couso, D. y Hernández, M. I. (2010). An inquiry-oriented approach for making the best use of ICT in the classroom. *eLearning Papers*, 20, 1-16. <https://core.ac.uk/download/pdf/78534285.pdf>
- Sanmartí, N. y Marchán-Carvajal, I. (2014). ¿Cómo elaborar una prueba de evaluación escrita? *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*, (78), 1-10.
- Tapia Cortes, C. (2020). Tipologías de uso educativo de las Tecnologías de la Información y Comunicación: una revisión sistemática de la literatura. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (71), 16-34. <https://doi.org/10.21556/edutec.2020.71.1489>
- Thagard, P. (1992). *Conceptual Revolutions*. Princeton University Press.