

Habilitadores tecnológicos 4.0 para impulsar la educación abierta: aportaciones para las recomendaciones de la UNESCO

Technological Enablers 4.0 to Drive Open Science and Education: Input to UNESCO Recommendations



- Laura Icela González-Pérez - *Universidad Autónoma de Nuevo León (México)*
 María Soledad Ramírez-Montoya - *Tecnológico de Monterrey (México)*
 Francisco José García-Peñalvo – *Universidad de Salamanca (España)*

RESUMEN

La integración de las tecnologías en la educación trae consigo cambios organizacionales no solo en las aulas tradicionales, sino también en las plataformas digitales, e invita a ubicar oportunidades para la innovación educativa. El objetivo de este artículo es identificar la percepción de 206 participantes de un programa internacional de Educación Abierta (EA) y aportar en las recomendaciones de la UNESCO (2019) para la educación y la ciencia abierta, con posibilidades de habilitadores tecnológicos. Las preguntas guía fueron ¿cuáles son los retos, casos y experiencias que los participantes perciben como impulsores de la EA? ¿De qué manera las tecnologías pueden favorecer la EA en el marco de las recomendaciones de la UNESCO? Se siguió un método mixto paralelo, con una primera fase de análisis de datos cualitativos y cuantitativos con instrumento de percepción aplicado a los participantes, y una segunda fase de búsqueda de literatura para ubicar investigaciones que utilizan tecnologías en la EA y aportar un esquema de habilitadores tecnológicos. Los resultados fueron: (a) los mayores retos percibidos son “Impulsar la cultura de acceso abierto” y “Promover la cooperación internacional”; (b) destacan 46 aportaciones de participantes con casos para impulsar la EA; (c) aporte de seis estudios de investigación para impulsar las recomendaciones de la UNESCO con tecnologías; y, (d) se plantea un esquema de clasificación propio de habilitadores tecnológicos 4.0 para la educación. Este artículo pretende ser de interés para comunidades educativas, ministerios de educación y ciencia, investigadores y formadores interesados en la innovación educativa.

Palabras clave: recursos educativos abiertos; ciencia abierta; tecnologías emergentes; habilitadores tecnológicos; UNESCO (2019) recomendaciones; educación 4.0.

ABSTRACT

The integration of technologies in education brings organizational changes not only in traditional classrooms, but also in digital platforms, and invites to locate opportunities for educational innovation. This article aims to identify the perception of 206 participants of an international Open Education (OE) program and to contribute to UNESCO's (2019) recommendations for OE and science, with possibilities for technological enablers. The guiding questions in this study were: what are the challenges, cases, and experiences that participants perceive as drivers of OE? In what ways can technologies enable OE within the framework of UNESCO recommendations? A parallel mixed method was carried out with an initial phase analyzing qualitative and quantitative data with a perception instrument applied to the participants. The second phase comprises a literature search to locate research that uses technologies in OE and to provide an outline of technological enablers. The results were: (a) the greatest perceived challenges are “Promoting the culture of open access” and “Promoting international cooperation”; (b) 46 contributions from participants with cases to promote OE stand out and (c) contribution of six research studies to promote UNESCO's recommendations with technologies and (d) a classification scheme of technological enablers 4.0 for education is proposed. This article is intended to be of interest to educational communities, ministries of education and science, researchers, and trainers interested in educational innovation.

Keywords: open educational resources; open science; education change; technological enablers; UNESCO 2019 recommendations; education 4.0.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas educativos requieren de una constante actualización tecnológica y nuevos modelos de transformación que les permita evolucionar para no caer en la obsolescencia y el rezago. La educación es un derecho humano y un bien público (Stracke, 2019) y debe proporcionarse, mejorarse e innovarse continuamente para mantener su estatus frente a los desafíos mundiales (United Nations, 2015). La ciencia abierta suele centrarse en la investigación abierta del propio método científico y conecta esto con los resultados de la investigación disponibles de forma pública y gratuita (Stracke et al., 2022) y la educación abierta se dirige hacia formas innovadoras de aprendizaje que son diferentes de las simples formas lineales (Baraniuk, 2008); surgen las Prácticas Educativas Abiertas (PEA), definidas por Ehlers (2011, p. 4) como: “prácticas que apoyan el (re)uso y la producción de Recursos Educativos Abiertos (REA) sustentándose en políticas institucionales que promueven modelos pedagógicos innovadores y respetan y empoderan a los alumnos como coproductores en sus trayectorias de aprendizaje a lo largo de la vida” y son un importante motor del movimiento de la educación abierta (Ramírez Montoya, 2020). Es necesario cuidar y reconocer la complejidad y los riesgos de lo “abierto” pero también los beneficios. Para disminuir los riesgos se hace necesario crear políticas institucionales que aseguren una cultura y compromiso entre los diversos actores. Cronin (2017) invita a construir un marco común para el desarrollo de la alfabetización digital, enseñar a lidiar con las tensiones entre la privacidad y lo abierto, y reflexionar el papel de la educación en una sociedad cada vez más abierta y en red. El uso de tecnologías implica uso de estrategias didácticas y metodológicas y en la gestión académica resulta imprescindible.

Formar a la ciudadanía digital con conocimientos acerca de la protección de datos personales y seguridad de su identidad digital debe ser obligatorio. En el campo de la educación se hace indispensable crear lineamientos que garanticen la legalidad del uso de información de los estudiantes ante la incursión de las tecnologías. Inamorato dos Santos (2019) desarrolló el Marco Europeo de Educación Abierta (Marco OpenEdu) con diez dimensiones de la educación abierta haciendo énfasis en que las instituciones deberían optar por la apertura y la transparencia de currículos, metodologías, contenidos, etc. apoyándose en las tecnologías digitales. La UNESCO (2019) consolidó grupos de expertos internacionales para crear recomendaciones sobre los REA y se aprobó por unanimidad en la Conferencia General de la UNESCO en su 40ª sesión de noviembre de 2019. La Recomendación de REA, la cual apoya la creación, el uso y la adaptación de REA inclusivos y de calidad y facilita la cooperación internacional en este ámbito y es el único instrumento normativo internacional existente sobre REA, fruto de más de una década de esfuerzos para reunir a una amplia diversidad de partes interesadas, esboza cinco áreas de acción:

1. Desarrollar la capacidad de las partes interesadas para crear, acceder, reutilizar, adaptar y redistribuir los REA.
2. Desarrollar una política de apoyo a los REA.
3. Fomentar los REA de calidad, inclusivos y equitativos.
4. Fomentar la creación de modelos de sostenibilidad para los REA.
5. Promover y reforzar la cooperación internacional en materia de REA.

De las recomendaciones de la UNESCO (2019) se destacan aspectos relevantes como:

- a. Promover la cooperación internacional: reducir al máximo las duplicaciones innecesarias de las inversiones en desarrollo de REA y crear un conjunto mundial de materiales educativos culturalmente diversos, pertinentes a nivel local, accesibles, con perspectiva de género y en idiomas y formatos múltiples.
- b. Promover la cultura abierta: fomento de la creación de modelos de sostenibilidad para los REA: apoyar y alentar la creación de modelos de sostenibilidad para los REA en el plano nacional, regional e institucional, así como la planificación y el ensayo experimental de nuevas formas sostenibles de educación y aprendizaje.
- c. Promover la concepción común: desarrollar las capacidades de todas las partes principales interesadas en la educación en materia de creación, acceso, reutilización, reconversión, adaptación y redistribución de los REA, así como de uso y aplicación de licencias abiertas en consonancia con la legislación nacional sobre derechos de autor y las obligaciones internacionales.
- d. Invertir en recursos humanos: abordar la inclusión de los REA en la transformación de la educación, adaptando, enriqueciendo o reformando los planes de estudios y todas las formas de aprendizaje a fin de explotar las posibilidades y oportunidades que brindan los REA, y alentar la integración de diferentes métodos de enseñanza y formas de evaluación para promover el uso activo, la creación y el aprovechamiento compartido de REA en la educación inclusiva y equitativa de calidad.
- e. Invertir en infraestructura: acceso efectivo, inclusivo y equitativo a REA de calidad: promover la adopción de estrategias y programas, en particular mediante soluciones tecnológicas pertinentes, para que los REA se puedan compartir en cualquier soporte, según formatos y normas abiertas, con miras a ampliar al máximo el acceso equitativo e inclusivo, dirigido a personas con discapacidad y pertenecientes a grupos vulnerables.
- f. Desarrollar el entorno político: alentar a los gobiernos, las autoridades educativas y los establecimientos de educación a que adopten marcos regulatorios que propicien las licencias abiertas de materiales educativos y de investigación financiados con fondos públicos y elaboren estrategias para permitir el uso y la adaptación de los REA en pro de una educación inclusiva de alta calidad y del aprendizaje permanente para todos, con el respaldo de investigaciones pertinentes en la materia.

La apropiación social del conocimiento implica la democratización del acceso y uso del conocimiento científico para mejorar la calidad de vida de las personas. La apropiación social del conocimiento es un descriptor emergente en las agendas políticas, ya que impulsa el desarrollo social y la innovación (Romero-Rodríguez et al., 2020). El acceso abierto desde sus inicios ha creado diversas tecnologías e infraestructuras, como, por ejemplo, el sistema Open Journal System (OJS) para disminuir el costo al acceso producido con recursos propios y dar cabida a otras formas de proteger los derechos de autor con las licencias *Creative Commons* (Moreno, 2017). Buscar las tecnologías que puede promover la cultura abierta y favorecer la sostenibilidad de REA en el tiempo es uno de los retos más relevantes en el contexto educativo y la innovación abierta, debido a la disponibilidad de recursos financieros en el largo plazo.

¿Tecnologías emergentes o habilitadores tecnológicos para la Educación 4.0?

Desarrollar tecnologías y modelos sustentables de innovación educativa se vuelve una tarea compleja por la acelerada evolución de las tecnologías. En un mundo complejo, dinámico e interconectado, que plantea al ámbito de la educación como la “Educación 4.0”, con importantes retos, se vuelve imprescindible el desarrollo de competencias para el razonamiento de la complejidad (Ramírez-Montoya et al., 2022). En el contexto de la educación abierta, diversas universidades, organizaciones y gobiernos de todo el mundo han realizado varias políticas de apoyo al movimiento de los REA y han hecho posible usar las tecnologías para impactar los procesos de enseñanza y aprendizaje (Tili et al., 2021). Autores como Conde et al. (2014) detectaron que la tecnología no estaba profundizando el pensamiento de orden superior de los estudiantes con herramientas 2.0, esto se evidenció aún más durante la pandemia. La percepción de las brechas digitales en todos los colectivos de la enseñanza superior hizo notar la desigual capacidad técnica y de apoyo especializado y, sobre todo, las brechas metodológicas que alejan a muchos profesores de la integración adecuada de las tecnologías en la práctica docente (García-Peñalvo y Corell, 2020). Adicionalmente se suma la pasividad, la falta de autonomía de los estudiantes, por lo cual es necesario crear entornos que los motiven a la participación ciudadana democrática y a la toma de decisiones en el ejercicio de deberes y derechos (Acuña y Llatas, 2022). Existen investigaciones referentes al empleo de dinámicas de aprendizaje con la tecnología del cómputo en la nube que permiten vincular metodología activas y tecnología, lo que propicia una alta motivación para el aprendizaje (Sein-Echaluze et al., 2021). Los gestores de las Instituciones de Educación Superior (IES) deben ser asertivos al seleccionar las tecnologías que los profesores y estudiantes utilizarán en sus actividades de aprendizaje y favorecer el aprendizaje significativo.

Las IES que cuentan con tecnologías de vanguardia se distinguen del resto porque garantizan el acceso a la educación de forma continuada, sistematizada y de calidad. Para González-Pérez y Ramírez-Montoya (2022) la Educación 4.0 se diferencia de la educación tradicional porque la 4.0 está habilitada, apoyada y guiada por tecnologías 4.0 como la inteligencia artificial, las tecnologías ubicuas, los robots, la computación en la nube, entre otras y está sustentada con *frameworks* de enseñanza-aprendizaje con el fin de desarrollar competencias del siglo XXI. Bonfield et al. (2020) definen a la educación 4.0 como la alineación de los servicios educativos y planes de estudio para preparar la futura mano de obra de la Industria 4.0 y tiene la finalidad de preparar a los estudiantes para hacer frente a desafíos críticos del futuro. Para el desarrollo equitativo e inclusivo de los países se hace un llamado a las IES a desarrollar las habilidades de ciencia, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas (STEAM, por sus siglas en inglés). La iniciativa de formación “*STEM Education Framework*” avalada por *New York Academy of Science* y *Global STEM Alliance* (2020) propone desarrollar competencias clave del siglo XXI, como pensamiento creativo, resolución de problemas, alfabetización de datos, comunicación, creatividad y alfabetización digital y ciencias computacionales a través de estrategias de aprendizaje como pensamiento de diseño y aprendizaje basado en proyectos. En esta ruta, es indispensable que las iniciativas de alfabetización dirijan sus esfuerzos hacia desarrollar pensamiento complejo de manera disciplinar y de manera transversal con habilidades socioemocionales, éticas e inclusivas.

En un mundo globalizado, los países más desarrollados tienen mayor capacidad de responder a los cambios y aportar mayores recursos a la investigación, por ello la innovación tecnológica en la educación se convierte en un elemento clave para favorecer el desarrollo de las economías. Los autores Álvarez-Aros y Bernal-Torres (2021) manifiestan que existen diferencias entre las tecnologías clave que utilizan las economías desarrolladas de las economías emergentes; señalan que las economías desarrolladas se enfocan en lo que llaman habilitadores tecnológicos como cuestiones relacionadas con la explicación y la vinculación eficiente de las interacciones entre los dispositivos, Internet de las cosas, algoritmos de Big data, la computación en la nube, la inteligencia artificial, los robots colaborativos, la educación STEM, entre otros; mientras que las economías emergentes se enfocan en cuestiones tecnológicas necesarias que forman parte de la segunda y tercera revolución industrial, como la automatización, la digitalización, la electrónica, la robótica con interacciones limitadas y las tecnologías de la información y la comunicación. Para el desarrollo de la Industria 4.0, Bonomi (2018) encontró nueve tecnologías centrales, que se califican como habilitadoras y que, en conjunto con otras, denominadas facilitadoras (telecomunicaciones, inteligencia artificial, nanotecnología, biotecnología, logística), dan en conjunto nuevos arreglos productivos. Las nueve tecnologías centrales son: (1) Robótica, (2) Manufactura flexible, (3) Realidad aumentada, (4) Manufactura digital (5) Gemelo digital, (6) Internet de las cosas, (7) Big Data, (8) Cloud computing (9) Ciberseguridad. Las tecnologías van avanzando rápidamente y la educación debe ir a

la par creando entornos que propicien la innovación, la investigación y el desarrollo de patentes abiertas que beneficien a la sociedad en general. En este marco, este artículo tiene por objetivo aportar en las recomendaciones de la UNESCO (2019) para la educación y la ciencia abierta, con posibilidades de habilitadores tecnológicos. Se presenta el método, los resultados, análisis y limitaciones del estudio, finalizando con posibilidades para la educación y ciencia abierta.

MÉTODO

La investigación adoptó un método mixto paralelo (Onwuegbuzie y Leech, 2006; Ramírez-Montoya y Lugo-Ocando, 2020), donde, por una parte, se analizaron las percepciones de 206 participantes de un workshop internacional virtual de acceso abierto denominado “Conectando las prácticas educativas abiertas y la ciencia abierta” a través de una encuesta con preguntas cuantitativas y cualitativas y, por otra parte, se analizaron estudios empíricos de tecnologías y educación abierta que dieron una nueva categorización de habilitadores tecnológicos. El workshop tuvo por objetivo presentar los postulados de la Ciencia Abierta y su conexión con la Educación Abierta y dar a conocer las recomendaciones de la UNESCO (2019). Se realizaron análisis cuantitativos y cualitativos que contrastaron los datos obtenidos de la percepción de los principales retos de la EA y de los casos empíricos que conectaban con la EA, con la finalidad de comparar los casos expuestos con los habilitadores tecnológicos 4.0. La categorización de habilitadores tecnológicos 4.0 se realizó de forma paralela. Las preguntas guía de esta investigación fueron ¿cuáles son los retos, casos y experiencias que los participantes perciben como impulsores de la EA? ¿De qué manera las tecnologías pueden favorecer la EA en el marco de las recomendaciones de la UNESCO?

La recolección de datos se llevó a cabo a través de una encuesta representada en la Figura 1, a través de un formulario en *Google Forms*, constó de una sección para recoger datos demográficos y otra sección para recoger percepciones de las recomendaciones de la UNESCO.

Figura 1

Encuesta aplicada a los participantes del workshop “Conectando las prácticas educativas abiertas y la ciencia abierta”

Encuesta del workshop "Conectando las prácticas educativas abiertas y la ciencia abierta"

Sección 1. Datos demográficos

1. Nombre Completo
2. Correo Electrónico
3. Género
4. País
5. Institución
6. Cargo
7. Sector donde desempeña sus actividades

Sección 2. Percepción de la recomendaciones de la UNESCO

8. Desde tu perspectiva, de las siguientes recomendaciones de la UNESCO (2019) ¿Cuál es la que presenta mayor reto de la Educación y Ciencia abierta?

- a) Promover la concepción común
- b) Desarrollar el entorno político
- c) Invertir en infraestructuras
- d) Invertir en recursos humanos
- e) Promover la cultura abierta
- f) Innovar en las etapas del proceso científico
- g) Promover la cooperación internacional

9. ¿Podrías aportar casos, por experiencia, o por interés, que relacionen Educación Abierta y Ciencia Abierta?

Fuente: Elaboración propia.

La búsqueda de estudios se realizó en la base de datos SCOPUS con las palabras clave de la Figura 2.

Figura 2

Palabras clave de búsqueda en SCOPUS

1	"open education" AND "emerging technologies" AND "higher education";
2	"open education" AND "Education 4.0"
3	"open education" AND "map" AND "technologies" AND "higher education";
4	"open education" AND "blockchain" AND "higher education";

Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS

Los resultados se presentan en tres secciones: (1) los datos de la aplicación de la encuesta, (2) casos empíricos de investigaciones donde se aplicaron las tecnologías en la educación abierta y, finalmente, (3) una categorización de los habilitadores tecnológicos 4.0 aplicados en la educación abierta.

Participantes

La encuesta fue contestada por 206 participantes del workshop, el 69% representó el género femenino y el 31% el género masculino. En la Figura 3 se presentan los datos de los participantes que pertenecen a 14 países, pero la mayor población indicó que se encontraba en México.

Figura 3

Participantes por país

Países	Participantes
Argentina	6
Chile	25
Colombia	9
Costa Rica	5
Ecuador	11
El Salvador	6
España	4
Guatemala	3
India	2
México	113
Perú	14
Filipinas	1
República Dominicana	3
Estados Unidos	2



Fuente: Elaboración propia.

Percepciones de Educación y Ciencia Abierta

Una de las preguntas acerca de EA fue: “Desde su perspectiva ¿Cuál es el mayor reto de la ciencia abierta de acuerdo con las recomendaciones de la UNESCO?”, en la cual se le dio siete opciones de respuesta cerrada para responder en una sola recomendación. Los resultados se representan en la Figura 4 y quedaron de la siguiente manera: Con 59 votos del género femenino y 21 votos del género masculino, el reto “Promover la cultura abierta”; con 25 votos del género femenino y 13 votos del género masculino, el reto “Promover la cooperación internacional”; el reto “Desarrollar un entorno político” contó con 11 votos del género masculino; el reto “Promover la concepción común” con 18 votos del género femenino; el reto “Innovar en las etapas del proceso científico” contó con 7 votos del género masculino y 13 votos del género femenino. Las recomendaciones percibidas como menor reto fueron “Invertir en infraestructuras” e “Invertir en recursos humanos”.

Figura 4

Recomendaciones con mayores retos desde la perspectiva de género



Fuente: Elaboración propia.

Las respuestas a la pregunta “¿Podrías aportar casos, por experiencia, o por interés, que se relacionen con educación y ciencia abierta?” arrojan solo 46

aportaciones de casos de referencia que los participantes señalan como relacionados con la educación abierta con ciencia abierta y se enlistan en la Figura 5.

Figura 5
Referencias de aportes de casos de educación abierta

Fundación Wikipedia	Laboratorio Binacional del Tecnológico de Monterrey	Wstem
Repositorio RELACE	Academia.edu	Talento-City
Cuenta de Twitter: microBio	Revista Educar	Proyecto SALUS
La red mexicana de repositorios institucionales (REMERI)	Repositorio del Tecnológico de Monterrey RIIEC	GOBLET y Software/Data Carpentry,
Repositorio nacional de México.	Repositorio GREDOS	Wikipedia, Wikimedia and Wikidata
El laboratorio ciudadano de Nuevo León (LabNL)	Science Open: https://www.scienceopen.com/	Mriadax, EDX o Coursera,
Red de Innovación Educativa 360 (RIE 360)	Open science monitor	MOCOS
Iniciativa de educación abierta orientada a la justicia abierta The GovLab	Openaire	ECOTEC
Iniciativa OpenED	ZENODO	Software WEBQUEST,
FabLab del Tecnológico de Monterrey	Living Lab & Data Hub del Instituto para el Futuro de la Educación (IFE)	Repositorio Universidad Nacional de El Salvador - http://ri.ues.edu.sv/
MicroMOC: https://wakelet.com/@REHispanos	Repositorio Universidad Tecnológica - http://repositorio.ute.c.edu.sv:8080/jspui/	Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México
Voluntariado entre jóvenes para aportar datos sobre puntos de oxígeno en Perú https://oximap.com/	OpenSciEd: Acceso a una gran variedad de textos científicos para uso en cursos educativos	Repositorio Consorcio Cbues - http://www.redicce.s.org.sv/jspui/
Explora: espacios en donde la divulgación de la ciencia aparece como vinculaciones que permiten avanzar en educación abierta: https://www.exploracilrmsurorienteciencia-abierta/	Iniciativa de Perú para datos de COVID 19: https://www.datosabiertos.gob.pe/group/datos-abiertos-de-covid-19	El Interdisciplinary Research Group-Reasoning for Complexity, del Instituto para el Futuro de la Educación en el Tecnológico de Monterrey

Fuente: Elaboración propia.

Se destaca que de las 206 respuestas de los participantes solo se obtuvieron 46 aportaciones de casos de aportación a la ciencia abierta y a la educación que corresponde al 22% de los encuestados.

Estudios de investigación empírica de habilitadores tecnológicos 4.0 en la EA

En esta sección, mostramos seis casos de investigaciones empíricas que presentan de qué manera usan diversas tecnologías para impulsar la EA relacionándolos con algunas de las recomendaciones de la UNESCO (2019). El primero conecta con “Promover la cooperación internacional” con tecnologías basadas en *OpenStreetmap*. El segundo hace referencia a “Promover la cultura abierta” con tecnologías como *Blockchain*. El tercero se enfoca en la recomendación “Promover la concepción común” con un estudio que usa analíticas de aprendizaje en Repositorios. El cuarto “Invertir en recursos humanos” evidencia cómo desarrollar formación de talento con Cursos Masivos en Línea Abiertos (*MOOCs*, por sus siglas en inglés). El quinto “Invertir en infraestructura” conecta con una investigación que utiliza laboratorios

remotos en la nube. El sexto “Desarrollar el entorno político” conectado con un estudio que utiliza con métodos de información y análisis predictivo para conocer el comportamiento de los estudiantes.

Recomendación 1: Promover la cooperación internacional

Para esta recomendación que se refiere a reducir al máximo las duplicaciones innecesarias de las inversiones en desarrollo de REA y crear un conjunto mundial de materiales educativos culturalmente diverso. Grinberger et, al. (2022) presentan el proyecto global OpenStreetmap (<https://www.openstreetmap.org/>) con una base de datos y un mapa del mundo de manera gratuita y editable por la comunidad, incluye casi 7.400 millones de puntos de datos (nodos), aportados por aproximadamente 1,8 millones de usuarios hasta marzo de 2022 (Stats, 2022) y es tal vez, el ejemplo de un proyecto de geoinformación de origen colectivo y del concepto de información geográfica voluntaria (Goodchild, 2007). El estudio de investigación que seleccionamos para abordar la recomendación es “*Technology and software tools development for city volunteer community interacting with governmental wildfire service*” realizado por Zaporozhtsev et al. (2019). En la Figura 6 se representa cómo esta investigación considera las estrategias para lograr una vinculación entre los diversos sectores de la sociedad y resolver problemáticas sociales, en este caso el servicio regional de extinción de incendios forestales de Murmansk (situado en el norte de Rusia), dando un ejemplo de cooperación entre las autoridades locales, los servicios y en vinculación con la universidad para realizar actividades profesionales con la ayuda coordinada de voluntarios.

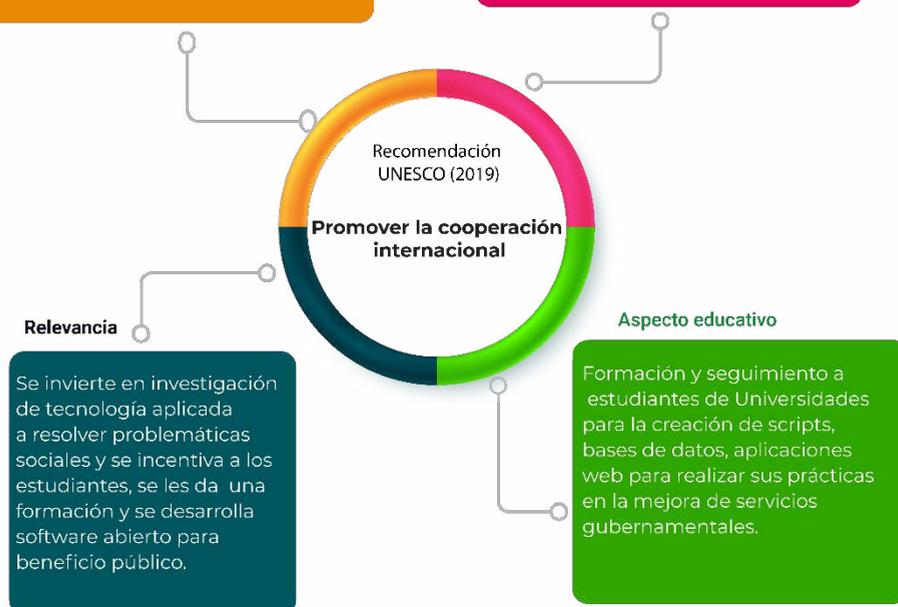
Figura 6
Plataformas abiertas de geoinformación

Descripción de la recomendación de la UNESCO

Reducir al máximo las duplicaciones innecesarias de las inversiones en desarrollo de REA y crear materiales educativos con perspectiva de género y en idiomas y formatos múltiples.

Tecnologías emergentes

Tecnologías disruptivas y abiertas; como el *machine learning* y analítica de datos. Software abierto de georeferencia y bases de datos abiertas.



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Zaporozhtsev et al. (2019).

Las tecnologías que emplean en este caso son plataformas de acceso abierto (*Diva-GIS*, *OpenStreetMap*, *Protected Planet*, *Fires.ru*, *Glovis*, *Earth Explorer*), con una base de datos sobre la lucha contra el fuego y la aplicación web con mapa interactivo en R que permite visualizar los aspectos regionales de la lucha contra los incendios forestales. En este estudio se hace hincapié en el desarrollo de prácticas abiertas que favorecen entornos de Cooperación Internacional entre la universidad, el gobierno y las empresas, en beneficio de la sociedad.

Recomendación 2: Promover la cultura abierta

La promoción a la cultura abierta invita a fomentar la creación de modelos de sostenibilidad para los REA a través del ensayo experimental de nuevas formas

sostenibles de educación y aprendizaje. Las Insignias Abiertas (*Open Badges*) se han utilizado para ayudar a los estudiantes a obtener credenciales de sus cursos extracurriculares y permiten conectar con diferentes entornos y la creación de otras vías de aprendizaje (Papadimitriou y Niari, 2019). Pueden utilizarse como una herramienta pedagógica, un incentivo para el comportamiento deseable en el proceso de aprendizaje o una certificación de calificaciones que la forma tradicional de evaluación no incluye (Niari y Papadimitriou, 2017). Este nuevo mecanismo de credencialización puede unificarse con tecnologías *Blockchain* para integrar un sistema de micro-acreditación para cursos cortos e insignias digitales como incentivos y servir de apoyo a la actividad de aprendizaje y los procesos de digitalización, así como resolver problemas de seguridad (Chivu et al., 2022). En la Figura 7 se representa la investigación de un estudio piloto de *Blockchain* e insignias en el contexto de la educación abierta titulado en inglés “*Work-in-Progress: Piloting Smart Blockchain Badges for Lifelong Learning*” realizado por Mikroyannidis (2022) de la Open University.

Figura 7
Blockchain para insignias inteligentes a lo largo de la vida



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Mikroyannidis (2022).

Con este estudio se refleja que el aprendizaje en línea requiere de niveles de uso en la tecnología para crear nuevos o mejores paradigmas y estilos de aprendizaje, como las redes sociales, los dispositivos móviles, la realidad aumentada y virtual y los MOOCs. Para Chivu et al. (2022) el rol del *Blockchain* podría resolver problemáticas de las Universidades sobre el manejo de datos abiertos y seguros, control y verificación de insignias y credenciales, incluso control de plagio. Las insignias abiertas en la educación son de ayuda porque aseguran las condiciones de su uso pedagógico y su importancia en la forma de reconocimiento/evaluación del aprendizaje no formal y/o informal y posibilitan la educación abierta para dar reconocimiento a los estudiantes en su aprendizaje a lo largo de la vida (Papadimitriou y Niari, 2019). Mikroyannidis (2022) desarrolló *QualiChain* para descentralizar la educación y las cualificaciones laborales utilizando tecnologías *Blockchain*.

Recomendación 3: Promover la concepción común

Esta recomendación motiva a desarrollar las capacidades de todas las partes principales interesadas en la educación en materia de creación, acceso, reutilización, reconversión, adaptación y redistribución de los REA, así como de uso y aplicación de licencias abiertas en consonancia con la legislación nacional sobre derechos de autor y las obligaciones internacionales. El estudio titulado en inglés “*Quality estimation of learning objects in repositories of open educational resources based on student interactions*” realizado por Gordillo Méndez et al. (2018), representa en la Figura 8 los elementos clave del nuevo enfoque basado en la analítica del aprendizaje para estimar la calidad de los objetos de aprendizaje a partir de las interacciones que los estudiantes tienen con ellos en entornos abiertos, a través de una métrica predictiva con análisis de regresión lineal que permite detectar recursos de baja calidad.

Figura 8

Instrumentos de evaluación de calidad y analíticas de aprendizaje



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Gordillo Méndez et al. (2018).

Se explica cómo resolver uno de los principales obstáculos que dificultan el uso y adopción de los REA por la falta de mecanismos de control de calidad sostenibles y eficaces en los repositorios digitales. Los autores argumentan que las estrategias de evaluación y la revisión por pares no han sido lo suficientemente escalables en el repositorio, por ello, implementaron un instrumento de evaluación estándar LORI (*Learning Object Review Instrument*) que les permitiera medir la calidad de los recursos y estudiar las relaciones entre las interacciones de los estudiantes con los objetos de aprendizaje y su calidad a través de una métrica predictiva con análisis de regresión lineal para detectar automáticamente recursos conflictivos o de baja calidad en el repositorio.

Recomendación 4. Invertir en Recursos Humanos

La recomendación de invertir en recursos humanos se refiere a que se debe abordar la inclusión de los REA en la transformación de la educación, adaptando, enriqueciendo o reformando los planes de estudios, evaluar los efectos de los REA en la educación inclusiva y equitativa de calidad. El estudio que utilizamos para vincularlo con esta recomendación es el realizado por Ramírez-Montoya (2020) titulado en inglés “MOOCs and OER: Developments and contributions for open education and open science”, En la Figura 9 se representan las estrategias y recomendaciones para desarrollar el uso de PEA que permiten la masificación de los cursos en línea.

Figura 9
Cursos MOOCs y REA



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Ramírez-Montoya (2020).

Ramírez-Montoya (2020) explica cómo se desarrollaron 12 cursos MOOCs y más de 5000 REA que se produjeron en un macroproyecto centrado en la formación para la sostenibilidad energética. Los MOOCs integraron estrategias innovadoras y tecnologías (como la gamificación, los retos, la biometría, la realidad virtual, la realidad aumentada, los laboratorios virtuales y a distancia) y los REA se produjeron con propiedades de escalabilidad y accesibilidad (como la reutilización,

la atómica, la interoperabilidad y la durabilidad). Los resultados pueden contribuir a las comunidades académicas (estudiantes, profesores, investigadores, administradores), a las comunidades sociales, al gobierno, a las empresas y a los responsables de la toma de decisiones interesados en los entornos de aprendizaje y en las PEA.

Recomendación 5. Invertir en infraestructura

La UNESCO recomienda invertir en infraestructura para dar acceso efectivo, inclusivo y equitativo a REA de calidad: promover la adopción de estrategias y programas, en particular mediante soluciones tecnológicas pertinentes, para que los REA se puedan compartir en cualquier soporte, según formatos y normas abiertos, con miras a ampliar al máximo el acceso equitativo, la creación conjunta, la preservación y la capacidad de búsqueda, incluso por parte de las personas con discapacidad y de aquellas pertenecientes a grupos vulnerables. El estudio de investigación titulado en inglés: “*Standardization Layers for Remote Laboratories as Services and Open Educational Resources*”, realizado por Halimi et al. (2018) que se representa en la Figura 10, refleja la implementación de infraestructura de vanguardia que demuestra cómo se pueden atender los requerimientos para desarrollar el aprendizaje en áreas STEAM donde el objetivo fue hacer disponible un laboratorio físico a través de un software de manipulación remota por internet, produciendo que los estudiantes tengan interacción con datos relacionados con la interface de usuario produciendo como resultado una colección de datos a través de una arquitectura de cliente servidor.

Figura 10
Lab as a Service (LaaSS)



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Halimi et al. (2018).

Este caso, se utiliza una estandarización de arquitecturas para integrar laboratorios remotos en ambientes de aprendizaje en línea. El estudio presenta dos casos de laboratorios remotos integrados en dos plataformas diferentes, el primer ejemplo es un laboratorio remoto implementado en la plataforma eDX con la integración de *Learning Tools Interoperability* (LTI) que también puede ser implementada en plataformas como *Moodle*; el segundo ejemplo que presentan es el laboratorio *Mach-Zhender Interferometer* integrado en una plataforma de medios sociales educativos que utiliza estándares *Learning Inquire Space* (ILS) sobre un hosting in *GraasP* que identifica la identidad del usuario, realiza un rastreo de sus actividades y almacena sus datos. La interacción de estudiantes a través de interfaces 3D también será una nueva forma de enseñar y aprender a socializar en escenarios virtuales, a preservar los derechos de la identidad digital y a propiciar entornos digitales seguros.

Recomendación 6. Desarrollar un entorno político

Esta recomendación hace hincapié en que los gobiernos y las autoridades educativas deben adoptar marcos regulatorios que propicien modelos de investigación financiados con fondos públicos utilizando estrategias en pro de una educación inclusiva de alta calidad. El estudio de investigación seleccionado para conectar esta recomendación es la investigación realizada por Queiroga et al. (2021) titulada en inglés “*Using Virtual Learning Environment Data for the Development of Institutional Educational Policies*”. En la Figura 11 se refleja el modelo de enfoque que utilizaron los investigadores para implementar métodos de información y predicción sobre el comportamiento de los estudiantes de tres programas universitarios, a través de un tablero académico el cual permite crear políticas institucionales basadas en la evidencia.

Figura 11

Ambiente virtual de aprendizaje con algoritmos de IA



Fuente: Elaboración propia basado en UNESCO (2019) y Queiroga et al. (2021).

El modelo que presenta el estudio considera cómo valorar las interacciones del estudiante con el profesor en ambientes de aprendizaje virtuales a partir de minería de datos utilizando técnicas de clasificación, agrupación y reglas de asociación, para predecir, agrupar, modelar y supervisar diversas actividades de aprendizaje que permitan descubrir nuevo conocimiento a través de instalar en un *Learning Management System* (LMS) en *The University of the Republic* (Udelar) en Uruguay. La investigación demostró que el uso de métodos predictivos en la educación permitió un aumento de hasta 15% en el rendimiento de los alumnos en comparación con los de las clases que no utilizaban los modelos y por ello proponen el uso de *Learning Analytics Dashboard for Advisers* (LADA) como herramienta para dar soporte y contar con un análisis y predictivos del rendimiento de los estudiantes en

las actividades de aprendizaje. El estudio resulta muy enriquecedor porque además de presentar la implementación de las tecnologías en el LMS, presenta un resumen de investigaciones relacionadas con el objetivo de aplicación, la técnica, el algoritmo, el nivel educativo y las mejoras implementadas de cada uno.

Esquema de categorización de habilitadores tecnológicos 4.0 de Educación Abierta

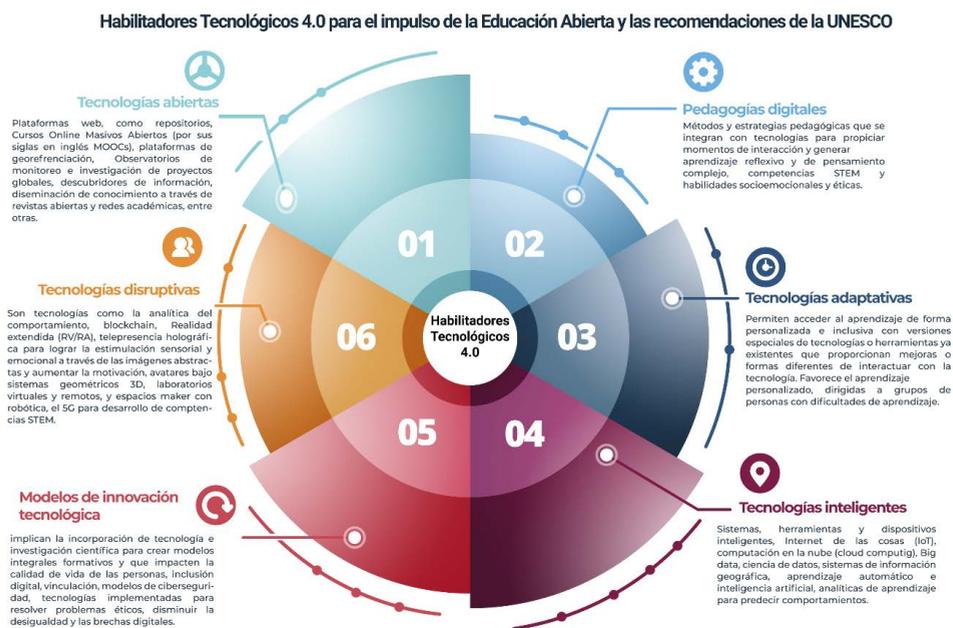
Con base en el análisis de literatura realizado, los aportes de un mapeo de literatura que abordó líneas de investigación de tecnologías educativas (González-Pérez et al., 2020), y una revisión sistemática de los componentes de la educación 4.0 relacionadas con las habilidades del siglo XXI (González-Pérez y Ramírez Montoya, 2022) emerge un esquema con seis habilitadores tecnológicos 4.0 aplicados en el marco de la Educación Abierta (Figura 12):

1. *Tecnologías abiertas*: Promueven el acceso abierto para la difusión del conocimiento, vinculación de comunidades, PEA a través de plataformas web, como repositorios, MOOCs, georeferenciación, observatorios, descubridores de información, disseminación de conocimiento a través de revistas abiertas y redes académicas, entre otras.
2. *Pedagogías digitales*: Métodos y estrategias pedagógicas que se integran con tecnologías para propiciar momentos de interacción y generar aprendizaje reflexivo y de pensamiento complejo, competencias STEAM y habilidades socioemocionales y éticas.
3. *Tecnologías adaptativas*: Permiten acceder al aprendizaje de forma personalizada e inclusiva con versiones especiales de tecnologías o herramientas ya existentes que proporcionan mejoras o formas diferentes de interactuar con la tecnología. Favorece el aprendizaje personalizado y la adaptación ayuda a las personas con una discapacidad o deficiencia para realizar una tarea específica.
4. *Tecnologías inteligentes*: Sistemas, herramientas y dispositivos inteligentes, Internet de las cosas (IoT), computación en la nube (cloud computig), Big Data, Ciencia de datos, sistemas de información geográfica, aprendizaje automático e inteligencia artificial, analíticas de aprendizaje para predecir comportamientos y desarrollar itinerarios educativos.
5. *Modelos de innovación tecnológica*: Se desarrollan basados en diseño de ciclos de evaluación que comprenden etapas desde investigar, experimentar, y evaluación iterativa; implican la incorporación de tecnología e investigación científica para crear modelos integrales formativos y que impacten la calidad de vida de las personas. Se añaden en este rubro los proyectos de investigación I+D.
6. *Tecnologías disruptivas*: Se generan innovaciones de tipo incremental o radical al combinar tecnologías en contextos educativos con métodos de enseñanza o modelos de gestión, analítica del comportamiento, blockchain para credenciales

alternativas, neurotecnologías para el desarrollo de sistemas cognitivos, uso de RV/RA, telepresencia holográfica para lograr la estimulación sensorial y emocional a través de las imágenes abstractas y aumentar la motivación, avatar bajo sistemas geométricos, los laboratorios virtuales y remotos, robótica, el 5G.

Figura 12

Habilitadores tecnológicos 4.0 para el impulso de la educación abierta



Fuente: Elaboración propia

El esquema “Habilitadores Tecnológicos 4.0 para el impulso de la educación abierta” presenta diversas perspectivas de investigación, de inclusión y de tecnologías que, en muchos casos o proyectos, estarán entrelazados y en esa medida aumentará la innovación educativa, así como también integrar los habilitadores tecnológicos coadyuvará a fortalecer economías emergentes ante la llegada de la industria 4.0.

DISCUSIÓN

La cultura del acceso abierto brinda oportunidades de innovación en diversos sectores fortaleciendo la economía de los países y demuestra que al incluir el uso de tecnologías de forma inclusiva e igualitaria se puede formar en diversas disciplinas

a grandes masas de la sociedad. En la Figura 4 se refleja que los mayores retos percibidos por los participantes son (a) Promover la cultura abierta y (b) Promover la cooperación internacional. La cultura abierta invita a fomentar modelos de sostenibilidad (Niari y Papadimitriou, 2017) y el ensayo experimental de nuevas formas sostenibles Mikroyannidis (2022) para descentralizar la educación y contar con credenciales para las cualificaciones laborales. Los equipos multidisciplinares educativos deben adoptar una visión para desarrollar proyectos innovadores basados en investigación científica e integrar los habilitadores tecnológicos que permitan consolidar modelos de innovación tecnológica.

La inversión en recursos humanos no es opcional y se vuelve una responsabilidad por parte de todos, pues hoy más que nunca se requiere dar respuesta a los retos derivados de los cambios sociales por la pandemia y de la inclusión de las tecnologías como parte fundamental de las interacciones humanas. En los resultados de la pregunta “¿Podrías aportar casos, por experiencia, o por interés, que relacionen educación y ciencia abierta?” representados en la Figura 5 se encuentra que solo el 22% de los encuestados tenía conocimiento de casos de educación y ciencia abierta. Para desarrollar la capacidad de las partes involucradas en crear, acceder, reutilizar, adaptar y redistribuir los REA, primeramente, requiere de una alfabetización digital como lo señala Cronin (2017), enseguida utilizar estrategias de colaboración y comunicación para capacitar constantemente a la población que demanda soluciones basadas en tecnologías. Un proyecto para la capacitación masiva es el realizado por Ramírez-Montoya (2020) que hace frente a demandas de empleabilidad encaminadas a la industria 4.0; en la Figura 6 se representa como Zaporozhtsev et al. (2019) describe una vía para generar oportunidades para estudiantes y realizar investigación para potenciar la infraestructura tecnológica gubernamental y educativa. El planteamiento de enfoques sustentables para generar proyectos que permitan crear plataformas para la innovación social y gestión del conocimiento abierto y con ello repercutir en la innovación social a largo y mediano plazo.

Dentro de las recomendaciones de la UNESCO (2019) se enfatiza en la inversión de infraestructura tecnológica para dar acceso en todo momento, de manera inclusiva en cualquier lugar a través de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). La Figura 12 representa una clasificación de los habilitadores tecnológicos para la educación 4.0 basada en la clasificación de tecnologías que realiza (Bonomi, 2018) para aplicar en la industria 4.0. Desde la perspectiva de Álvarez-Aros y Bernal-Torres (2021), las economías avanzadas buscan desarrollar tecnologías clave para el crecimiento económico mientras que las economías emergentes todavía buscan implementar procesos de automatización emergentes. Se puede decir que, de acuerdo con los resultados encontrados en la pregunta de la encuesta: ¿podrías aportar casos, por experiencia, o por interés, que relacionen Educación Abierta y Ciencia Abierta?, el 22% de los participantes que contestaron a la pregunta refieren casos enfocados a incorporar procesos de automatización emergente, representados en la Figura 5.

Por ello, es necesario impulsar iniciativas que atiendan el desarrollo de tecnologías clave, es decir, que incorporen habilitadores 4.0 como los planteados en la Figura 12.

CONCLUSIONES

En este estudio se identificaron los retos más desafiantes planteados por la Recomendación de la UNESCO (2019), el primero fue “Promover una cultura de acceso abierto”, seguido por “Promover la cooperación internacional”, hallazgos encontrados a partir de las respuestas obtenidas en la encuesta aplicada. Ante estos retos se presenta un esquema de clasificación de habilitadores tecnológicos 4.0 que orienta a los actores educativos con un esquema de diversas posibilidades para potenciar la innovación educativa y la Educación Abierta.

El objetivo de este artículo es aportar en las recomendaciones de la UNESCO para la educación y la ciencia abierta, con las posibilidades de habilitadores tecnológicos 4.0. Una de las aportaciones más importantes al realizar la encuesta es la evidencia de que se requiere alfabetizar a la ciudadanía en aspectos digitales y desarrollo de tecnologías para que desarrollen proyectos que incorporen diferentes habilitadores tecnológicos en la educación y se refleje en la economía de los países. Otro hallazgo importante se refleja con las aportaciones realizadas en los estudios empíricos presentados donde se reflejan el uso de tecnologías disruptivas para favorecer espacios para la Educación Abierta y la Ciencia Abierta. Se hace una invitación a fortalecer la infraestructura de las IES e incentivar el uso de tecnologías abiertas como mediadoras en los procesos de enseñanza y aprendizaje, que además contribuyan con la transformación digital de los gobiernos y entornos sociales. Al mismo tiempo, se requiere trabajar en las políticas que aporten al contexto de interacción digital de manera local e internacional y crear una cultura de participación ciudadana donde la ética del uso de la información y el cuidado de los datos de los ciudadanos en un mundo hiperconectado sea un derecho de todo ciudadano

Este estudio podría estar limitado por el número de casos de investigación empíricos presentados como ejemplos de posibilidades para favorecer la Educación Abierta en la educación superior habilitadores 4.0. Pero, por otra parte, este estudio refleja un caso de investigación de referencia del estatus del conocimiento del uso de tecnologías en la Educación Abierta y proporciona sólidas bases para la aplicación de proyectos educativos con habilitadores tecnológicos desde diversos campos de acción en modelos de innovación educativa. Un futuro trabajo podría ser una revisión sistemática de estudios de Educación Abierta y habilitadores tecnológicos 4.0 con encuestas cuantitativas dirigidas a gestores educativos. Es relevante resaltar que los habilitadores tecnológicos 4.0 están cada vez más presentes en la educación, pero la brecha digital abarca muchos más ámbitos sociales y puede afectar al desarrollo de la sociedad, por lo que es fundamental buscar proyectos educativos sostenibles a mediano y largo plazo.

Reconocimiento

Esta publicación es producto de los proyectos: “Open and inclusive education: WUN and UNESCO training & research networks”, financiado por la red WUN y “Proyecto Comunidad STEAM-OER-LATAM, financiado por Siemens Stiftung. Los autores agradecen el apoyo de las entidades financiadoras, así como el de los participantes en los proyectos.

REFERENCIAS

- Acuña, L. M. L., y Llatas, F. D. H. (2022). Prospectiva de una ciudadanía democrática desde la escuela, una revisión literaria. *Revista Conrado*, 18(84), 337-343. ISSN 1990-8644. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442022000100337
- Álvarez-Aros, E. L., y Bernal-Torres, C. A. (2021). Technological competitiveness and emerging technologies in industry 4.0 and industry 5.0. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 93. <https://doi.org/10.1590/0001-3765202120191290>
- Baraniuk, R. G. (2008). Challenges and opportunities for the open education movement: A Connexions case study. *Opening up education: The collective advancement of education through open technology, open content, and open knowledge*, 229-246. <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/26069/1004016.pdf?sequence=1#page=251>
- Bonomi, A. (2018). *Le tecnologie di Industria 4.0 e le PMI / Technologies of Industry 4.0 and SMEs*. <https://ideas.repec.org/p/csc/ircrwp/201804.htm>
- Bonfield, C. A., Salter, M., Longmuir, A., Benson, M., y Adachi, C. (2020). Transformation or evolution?: Education 4.0, teaching and learning in the digital age. *Higher Education Pedagogies*, 5(1), 223-246. <https://doi.org/10.1080/23752696.2020.1816847>
- Chivu, R. G., Popa, I. C., Orzan, M. C., Marinescu, C., Florescu, M. S., y Orzan, A. O. (2022). The role of blockchain technologies in the sustainable development of students' learning process. *Sustainability*, 14(3), 1406. <https://doi.org/10.3390/su14031406>
- Conde, M. A., García-Peñalvo, F. J., Rodríguez-Conde, M. J., Alier, M., Casany, M. J., y Piguillem, J. (2014). An evolving Learning Management System for new educational environments using 2.0 tools. *Interactive learning environments*, 22(2), 188-204. <https://doi.org/10.1080/10494820.2012.745433>
- Cronin, C. (2017). Openness and praxis: Exploring the use of open educational practices in higher education. *International Review of Research in Open and Distributed Learning: IRRODL*, 18(5), 15-34. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v18i5.3096>
- Ehlers, U. D. (2011). Extending the territory: From open educational resources to open educational practices. *Journal of Open, Flexible and Distance Learning*, 15(2). <https://www.learntechlib.org/p/147891/>
- García-Peñalvo, F. J., y Corell, A. (2020). La COVID-19: ¿enzima de la transformación digital de la docencia o reflejo de una crisis metodológica y competencial en la educación superior? *Campus Virtuales*, 9(2), 83-98. <https://gredos.usal.es/handle/10366/144140>
- Global STEM Alliance (2020). *STEM Education Framework*. The New York Academy of sciences and Global STEM alliance. <https://www.nyas.org/>

- media/13051/gsa_stem_education_framework_dec2016.pdf
- González-Pérez, L. I., Ramírez-Montoya, M. S., y García-Peñalvo, F. J. (2020). Innovación educativa en estudios sobre el desarrollo y uso de la tecnología: Un mapeo sistemático. En M. S. Ramírez-Montoya y J. R. Valenzuela González (Eds.), *Innovación educativa: Tendencias globales de investigación e implicaciones prácticas* (pp. 171-195). Octaedro. <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/1816>
- González-Pérez, L. I., y Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493. <https://doi.org/10.3390/su14031493>
- Goodchild, M. F. (2007). Citizens as sensors: the world of volunteered geography. *GeoJournal*, 69(4), 211-221. <https://doi.org/10.1007/s10708-007-9111-y>
- Gordillo Méndez, A., Barra Arias, E., y Quemada Vives, J. (2018). Quality estimation of learning objects in repositories of open educational resources based on student interactions. *Educación XX1*, 21(1), 285-302. <https://doi.org/10.5944/educxx1.20196>
- Grinberger, A. Y., Minghini, M., Juhász, L., Yeboah, G., y Mooney P. (2022). OSM Science—The Academic Study of the OpenStreetMap Project, Data, Contributors, Community, and Applications. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 11(4), 230. <https://doi.org/10.3390/ijgi11040230>
- Halimi, W., Salzman, C., Gillet, D., y Saliah-Hassane, H. (2018). Standardization layers for remote laboratories as services and open educational resources. En *Online Engineering & Internet of Things* (pp. 874-884). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-64352-6_81
- Inamorato dos Santos, A. (2019). OpenEdu: las diez dimensiones del Marco europeo de educación abierta. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 11(22). <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2019.22.70574>
- Mikroyannidis, A. (2022). Work-in-Progress: Piloting Smart Blockchain Badges for Lifelong Learning. En *International Conference on Interactive Collaborative Learning* (pp. 746-753). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-93904-5_74
- Moreno, W. E. C. (2017). Importancia de la apropiación social y el acceso abierto al conocimiento especializado en ciencias agrarias. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 70(3), 8234-8236. <https://doi.org/10.15446/rfna.v70n3.67405>
- Niari, M., y Papadimitriou, S. (2017). Open badges and its pedagogical use. En *Proceedings of 4th Conference «Neos Pedagogos»*, Athens, 1-2 April, 2017, [in Greek]. http://users.sch.gr/synedrio/Praktika_Synedriou_04_Synedrio_Neos_Paidagogos_2017.pdf
- Onwuegbuzie A. J., y Leech, N. L. (2006). Linking Research Questions to Mixed Methods Data Analysis Procedures. *Qual Report*, 11(3), 474-498. <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR11-3/onwuegbuzie.pdf>
- OpenStreetMap (2022). OpenStreetMap. <https://www.openstreetmap.org/>
- Papadimitriou, S. T., y Niari, M. I. (2019). Open Badges as Credentials in Open Education Systems: Case Studies from Greece and Europe. *Journal of Learning for Development*, 6(1), 49-63. ISSN: 2311-1550. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1212520.pdf>
- Queiroga, E. M., Enríquez, C. R., Cechinel, C., Casas, A. P., Paragarino, V. R., Bencke, L. R., y Ramos, V. F. C. (2021). Using Virtual Learning Environment Data for the Development of Institutional Educational Policies. *Applied Sciences*, 11(15), 6811. <https://doi.org/10.3390/app11156811>
- Ramírez-Montoya, M. S., Castillo-Martínez, I. M., Sanabria-Z, J., y Miranda, J. (2022).

- Complex thinking in the framework of Education 4.0 and Open Innovation—A systematic literature review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 8(1), 4. <https://doi.org/10.3390/joitmc8010004>
- Ramírez-Montoya, M. S., y Lugo-Ocando, J. (2020). Systematic review of mixed methods in the framework of educational innovation. *Comunicar*, 65, 111349. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-01>
- Ramírez-Montoya, M. S. (2020). MOOCs and OER: Developments and contributions for open education and open science. En *Radical Solutions and Open Science* (pp. 159-175). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-4276-3>
- Romero-Rodríguez, J. M., Ramírez-Montoya, M. S., Aznar-Díaz, I., e Hinojo-Lucena, F. J. (2020). Social appropriation of knowledge as a key factor for local development and open innovation: A systematic review. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(2), 44. <https://doi.org/10.3390/joitmc6020044>
- Sein-Echaluze, M. L., Fidalgo-Blanco, Á., García-Peñalvo, F. J., y Fonseca, D. (2021). Impact of Transparency in the Teamwork Development through Cloud Computing. *Applied Sciences*, 11(9), Article 3887. <https://doi.org/10.3390/app11093887>
- Stats (2022). Available online: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Stats>
- Stracke, C. M., Burgos, D., Santos-Hermosa, G., Bozkurt, A., Sharma, R. C., Swiatek Cassafieres, C., Inamorato dos Santos, A., Mason, J., Ossiannilsson, E., Gon Shon, J., Wan, M., Obiageli Agbu, J. F., Farrow, R., Karakaya, O., Nerantzi, C., Ramírez-Montoya, M. S., Conole, G., Cox, G., y Truong, V. (2022). Responding to the initial challenge of the COVID-19 pandemic: Analysis of international responses and impact in school and higher education. *Sustainability*, 14(3), 1876. <https://doi.org/10.3390/su14031876>
- Stracke, C. M. (2019). Quality frameworks and learning design for open education. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v20i2.4213>
- Tlili, A., Zhang, J., Papamitsiou, Z., Manske, S., Huang, R., y Hoppe, H. U. (2021). Towards utilising emerging technologies to address the challenges of using Open Educational Resources: a vision of the future. *Educational Technology Research and Development*, 69(2), 515-532. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-09993-4>
- UNESCO (2019). *Recommendation on Open Educational Resources (OER)*. http://portal.unesco.org/en/ev.php-RL_ID=49556&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html
- United Nations. (2015). *Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development*. United Nations. http://www.un.org/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/70/1&Lang=E
- Zaporozhtsev, I. F., Brazhnik, N. R., Kalinovskaya, L. S., Genin, R. V., y Veselov, D. V. (2019). Technology and software tools development for city volunteer community interacting with governmental wildfire service. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference: SGEM*, 19(1.4), 401-408. <https://doi.org/10.5593/sgem2019V/1.4/S03.050>

Fecha de recepción del artículo: 30/11/2021

Fecha de aceptación del artículo: 06/04/2022

Fecha de aprobación para maquetación: 20/04/2022