

Inteligencia artificial para la recomendación de recursos en educación en línea

Artificial Intelligence for resource recommendation in online education

Georgina Sanabria Medina*

Universidad Pedagógica Nacional, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3997-4665>

Laura Regil-Vargas**

Universidad Pedagógica Nacional, México

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2750-5709>

Recepción del artículo: 29/03/2024 | Aceptación para publicación: 06/08/2024 | Publicación: 25/09/2024

RESUMEN

La inteligencia artificial (IA) ha sido utilizada en la educación en línea desde hace al menos una década, con énfasis reciente en los procesos de enseñanza-aprendizaje. El objetivo del presente artículo es compartir los resultados preliminares de una investigación sobre el desarrollo de un sistema de recomendación (SR) de recursos educativos, aplicable en un bachillerato en línea. Bajo la metodología de la investigación basada en diseño, una vez desarrollado el algoritmo para el SR, se alimentó con información de la rúbrica de una actividad y su calificación, más una base de datos de recursos, conformada por imágenes, videos, audios y textos. Los resultados evidencian que los SR aplicados a recursos educativos favorecen procesos de enseñanza y aprendizaje en educación en línea. Una de las limitaciones de la investigación es que, hasta ahora, el SR solo ha sido probado en simuladores digitales y no en una plataforma institucional de bachillerato. No obstante, con los resultados de este proyecto, utilizando soluciones de IA, podemos comprobar aportaciones en los procesos de aprendizaje en educación en línea. Entre las conclusiones se reconoce el trabajo multidisciplinar en IA y educación como estrategia para el fortalecimiento de procesos de aprendizaje en ambientes virtuales de aprendizaje.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) has been used in online education for at least a decade, with recent emphasis on teaching-learning processes. The objective of this article is to share the preliminary results of a research on the development of a Recommender System (SR) of educational resources to be applied in an online high school. Under the Design-Based Research methodology, once the algorithm for the SR was developed, it was fed with information from the rubric of an activity and its grade, plus database of resources, made up of images, videos, audios and texts. The results show that SR applied to educational resources favor teaching and learning processes in online education. One of the limitations of the research is that, so far, the SR has only been tested in digital simulators and not in an institutional high school platform. However, with the results of this project, using AI solutions, we can verify contributions to the learning processes in online education. Among the conclusions, multidisciplinary work in AI and education is recognized as a strategy for strengthening learning processes in virtual learning environments.



Palabras clave

Inteligencia artificial; educación en línea; ambientes virtuales de aprendizaje; tecnología educativa; educación media superior



Keywords

Artificial intelligence; online education; virtual learning environments; educative technology; high school education

SOBRE LOS AUTORES

* Maestra en Desarrollo Educativo por la Universidad Pedagógica Nacional, México. Profesora de Prepa en Línea SEP, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3997-4665>. Correo electrónico: gsanabriamedina@gmail.com

** Doctora en Comunicación por la Universidad Autónoma de Barcelona, España. Profesora investigadora de la Universidad Pedagógica Nacional, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2750-5709>. Correo electrónico: lregil@upn.mx

INTRODUCCIÓN

Desde la irrupción de las computadoras en los entornos escolares hemos atestiguado el cambio paradigmático en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Esta influencia tecnológica destacó a principios de la década de los noventa, cuando comenzaron a generarse entornos virtuales de aprendizaje (EVA). En este sentido, las prácticas y procesos pedagógicos dieron un giro por completo, los docentes se convirtieron en facilitadores del aprendizaje, tuvieron que planear sus cursos para ser consultados por medio de una computadora, teniendo que considerar los horarios y las ubicaciones de los estudiantes, las diversas posibilidades de interacción por medio de plataformas digitales, así como la variedad de recursos educativos y su facilidad de acceso, entre otras cuestiones.

A tres décadas de que este cambio ocurriera, hoy somos testigos de una nueva disrupción en la que comienzan a notarse los resultados del uso de las tecnologías basadas en inteligencia artificial (IA) para favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje, tanto en educación presencial como en línea. Ejemplo de ello se encuentra en los as-

pectos relacionados con la automatización de tareas administrativas o en el apoyo para la personalización del aprendizaje a través de algoritmos avanzados que analizan el rendimiento y las necesidades de los estudiantes.

Es en este escenario que se contextualiza el presente artículo y el cual se estructura de la siguiente manera. Primero se presenta un marco contextual sobre las ramas de la IA y se sitúan ejemplos de la IA aplicada al ámbito educativo. El siguiente apartado se enfoca en los sistemas de recomendación para recursos educativos en formación en línea. Posteriormente, se detalla la metodología utilizada en la investigación, seguida de los resultados preliminares del sistema de recomendación diseñado y una sección para la discusión. En última instancia se presentan las conclusiones y las líneas del trabajo a futuro.

RAMAS DE LA IA

Los orígenes de la IA se sitúan en los años cincuenta. Se le atribuye a John McCarthy haber acuñado el término *inteligencia artificial* durante una conferencia organizada en 1956 en el Dartmouth

La evolución de la IA ha hecho que surjan diversas ramas, aquellas que más perfeccionamiento han tenido son: el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, la robótica, los sistemas expertos y el procesamiento del lenguaje natural

College (McCorduck, 1991). En esta conferencia se postuló la primera definición sobre IA, relacionada con “hacer que una máquina se comporte como lo haría el ser humano, de tal manera que se la podrá llamar inteligente” (Banda Gamboa, 2014, p. 9). Años más adelante, Boden (1990) describió que “la IA trata de hacer programas que permitan a las computadoras hacer ese tipo de cosas que la mente humana puede realizar” (p. 1). Por su parte, en una concepción más reciente, Sossa (2020) se refiere a la IA “como la ciencia e ingeniería de las máquinas que actúan de manera inteligente. En este sentido, una máquina es inteligente cuando es capaz de tomar decisiones apropiadas en circunstancias inciertas” (p. 26).

Las tres definiciones expuestas coinciden en que el desarrollo de algoritmos de IA se ha generado tomando como base la emulación de las actividades que son propias de la conducta humana.

Ese es el motivo por el cual la IA enlaza con tantas otras ciencias. En el estudio de la conducta humana intervienen ciencias naturales como la neurofisiología y ciencias humanas como la psicología; en el estudio de los procesos de aprendizaje, la pedagogía; en otros aspectos importantes, como el reconocimiento del lenguaje natural, la lingüística; y en la realización

práctica de los modelos, la informática y todo su entorno (Mochón *et al.*, 1987, p. 4).

La evolución de la IA ha hecho que surjan diversas ramas, resultado de la diversidad de enfoques, técnicas y aplicaciones en las que se puede emplear. Aquellas que más perfeccionamiento han tenido son: el aprendizaje automático, el aprendizaje profundo, la robótica, los sistemas expertos y el procesamiento del lenguaje natural.

Aprendizaje automático

También conocido como *machine learning* (ML), el aprendizaje automático tiene como objetivo resolver problemas del mundo real mediante identificación, interpretación, procesamiento y análisis de datos. Los algoritmos matemáticos aprenden de los datos que se introducen y, posteriormente, utilizan ese conocimiento para sacar conclusiones (Smola & Vishwanathan, 2008). Una de las herramientas más conocidas y utilizadas en esta rama de la IA son los sistemas de recomendación (SR), cuya función es intentar personalizar al máximo el contenido que se ofrecerá a los usuarios. Un ejemplo de esta herramienta son los motores de recomendación que usa Netflix para sugerir contenido al usuario.

Aprendizaje profundo

También conocido como *deep learning* (DL), está basado en el proceso de ejecución de redes neuronales, simulando las conexiones neurológicas del cerebro humano en datos de alta dimensión para obtener información y ofrecer soluciones. El aprendizaje profundo se trata de algoritmos diseñados especialmente para reconocer patrones que permitan resolver problemas de percepción sensorial (Bengio, 2009). Aunque es muy similar al ML, los algoritmos del DL son usados sobre todo para las tareas de clasificación, en particular para el reconocimiento de imágenes. El algoritmo de verificación facial de Facebook es un ejemplo de esta rama de la IA.

Robótica

Es la más popular de todas las ramas de la IA, centrada en el diseño y la construcción de robots. Para su creación se apoya en áreas como la física, la biología, la ingeniería mecánica y eléctrica. Este tipo de máquinas se concibe a menudo para realizar tareas que el ser humano hace de manera constante y que resultan laboriosas o pesadas. Los cobots y robots industriales son ejemplos del avance y desarrollo que se ha suscitado dentro de esta área. Varias marcas de fabricación de autos utilizan diariamente algoritmos de IA para automatizar parte de sus procesos, por ejemplo, en el ensamblado de piezas.

Sistemas expertos

Los sistemas expertos tienen la capacidad de tomar decisiones como lo haría un humano, pero no un humano cualquiera, sino uno experto en un campo de estudio en específico. Esta rama de la IA constituye uno de los ejemplos más claros de los sistemas basados en el conocimiento, ya que “los sistemas expertos permiten almacenar y utilizar el conocimiento de uno o varios expertos humanos en un dominio de aplicación concreto. El uso de estas herramientas avanzadas incrementa la productividad y la eficiencia en la toma de decisiones” (Sancho, 2018, párr. 1). Su uso se centra en campos restringidos, como el área médica, el análisis de préstamos bancarios, la detección de virus, la aeronáutica o la pedagogía.

Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (PLN) es un campo de la IA que se ocupa de las interacciones entre las computadoras y el lenguaje del ser humano, sin importar el idioma. Estos programas ayudan a las computadoras a entender, interpretar y manipular el lenguaje natural con la finalidad de “comprender” la comunicación humana. Uno de los desarrollos más conocidos en

esta rama son los asistentes virtuales, como Siri, Google Assistant, Alexa y Cortana, programas que permiten la interacción por medio de la voz entre el ser humano y la máquina.

IA EN EDUCACIÓN

Aunque no hay un momento exacto en el que sea posible identificar el uso de la IA en el contexto educativo, León y Viña (2017) refieren que por más de 30 años se han realizado investigaciones relacionadas con la aplicación de la IA en la educación. No obstante, Chong *et al.* (2020) reconocen que aunque los desarrollos sobre IA han crecido de manera exponencial en los últimos diez años, investigaciones y proyectos sobre el uso de la IA en esta disciplina en realidad se han trabajado desde hace 50 años.

Fue a partir de la segunda década del siglo XXI que comenzaron a aparecer los primeros proyectos que hicieron uso de la IA para la educación en línea. El primero de ellos fue AutoMentor, un sistema que salió a la luz en 2013 con el objetivo de funcionar como un tutor para guiar a los estudiantes en un juego en línea llamado *Land Science* (Wang *et al.*, 2013). De igual forma, en 2015 se presentó DeepTutor, un programa inteligente que fomenta la comprensión profunda de los estudiantes en

La robótica es la más popular de todas las ramas de la IA, centrada en el diseño y la construcción de robots; se apoya en áreas como la física, la biología, la ingeniería mecánica y eléctrica

temas científicos complejos, a la par que ofrecía instrucción personalizada a cada uno de ellos a través de un navegador las 24 horas, los siete días de la semana (Rus *et al.*, 2015).

Si bien es cierto que las ramas de la IA antes descritas no tuvieron su aplicación originalmente en el ámbito escolar, los estudios en este campo se han multiplicado. En la tabla 1 se presentan otros ejemplos de investigaciones en donde se han empleado sistemas inteligentes para favorecer el ámbito educativo. Es importante destacar que, en algunos casos, las ramas de la inteligencia artificial trabajan en conjunto y se complementan, de ahí que los sistemas que se generan son cada vez más sofisticados.

La investigación que se presenta en este artículo está situada en la rama del *machine learning* y tiene como objetivo crear un prototipo de sistema

de recomendación de filtrado basado en contenido para la recomendación de recursos educativos. Se espera que, en una etapa posterior, este sistema pueda implementarse en la plataforma de Prepa en Línea SEP y con ello procurar que los estudiantes tengan acceso a contenido (audio, texto, imagen y video) de acuerdo con sus necesidades de aprendizaje.

Sistemas de recomendación para la educación en línea

Los SR son “herramientas y técnicas de *software* que brindan sugerencias para que los elementos sean útiles para un usuario. La eficacia del sistema de recomendación se basa en el algoritmo que utiliza para encontrar recursos interesantes” (Singhal *et al.*, 2021, p. 937). Sin embargo, Falk

Tabla 1. Ramas de la inteligencia artificial aplicadas a la educación

Rama de la IA	Aplicación en el ámbito educativo
Aprendizaje automático	En la zona centro de Veracruz, México, se realizó un proyecto que estudió y analizó la problemática de la deserción escolar, situación que acontece con frecuencia en las escuelas. Los investigadores utilizaron los servicios de Azure Machine Learning Studio para obtener pruebas iniciales del comportamiento de los datos y elegir el algoritmo para la implementación de una plataforma tecnológica que permitiera predecir el porcentaje de deserción que posee un estudiante al ser matriculado en el nivel medio superior (González Díaz <i>et al.</i> , 2019)
Aprendizaje profundo	En el Instituto de Secundaria Número 11 de Hangzhou, China, se instalaron frente a los pizarrones cámaras con tecnología de reconocimiento facial. El objetivo era escanear cada 30 segundos los rostros de los estudiantes para que una computadora clasificara sus expresiones de acuerdo con siete emociones: feliz, triste, decepcionado, molesto, asustado, sorprendido y neutro. Posteriormente se aplicaron algoritmos para medir su nivel de concentración (Arana, 2019)
Robótica	En Finlandia se realizó un piloto con el uso de un robot para ayudar a los estudiantes en las clases de idiomas. El robot, llamado Elías, es capaz de comprender y hablar 23 idiomas, y puede comunicarse con los alumnos de acuerdo con sus niveles de conocimiento (El Tiempo, 2018)
Sistemas expertos	Profesores de matemáticas de una universidad en Costa Rica, preocupados por los resultados que los alumnos obtienen en esta asignatura, han desarrollado un <i>software</i> de sistemas expertos para ayudar a la comprensión de temas complejos. Como ejemplo se encuentra AgentGeom, un sistema que brinda apoyo a los alumnos en la apropiación de habilidades estratégicas y argumentativas implicadas en la resolución de problemas, y particularmente problemas geométricos (Vílchez Quesada, 2007)
Procesamiento del lenguaje natural	En algunos centros educativos de China se están desarrollando algoritmos de reconocimiento de voz que permiten evaluar la pronunciación del inglés de cada estudiante. Este tipo de <i>software</i> ofrece apoyo para la mejora de la pronunciación, entonación o acento, sin necesidad de que en cada clase haya un hablante nativo (Parra, 2020)

Fuente: elaboración propia.

(2019) reconoce que “un sistema de recomendación no es solo un algoritmo sofisticado. También se trata de comprender los datos y sus usuarios” (p. 5). Una recomendación automática se calcula en función de lo que le gusta a un usuario activo o lo que les ha gustado a otros usuarios en el pasado. Para ello, emplean métodos matemáticos y estadísticos con la finalidad de analizar, relacionar y predecir utilizando los datos almacenados, esto les permite ofrecer recomendaciones adaptadas a cada usuario (Sanabria y Regil-Vargas, 2023).

El SR empleado en la presente investigación tiene su enfoque en un filtrado basado en contenido, en el cual se analizan las características y los atributos de todos los elementos de los que se dispone para, posteriormente, recomendar al usuario aquellos ítems que son más similares en términos de contenido. Algunas ventajas de este tipo de filtrado son las siguientes:

- 1) Pueden recomendar a los nuevos usuarios ítems que no han sido localizados por algún otro usuario.
- 2) No es esencial tener un gran conjunto de usuarios para lograr la precisión de las recomendaciones.
- 3) Los ítems nuevos pueden recomendarse instantáneamente si el contenido de ese ítem está disponible (Aziz & Fayyaz, 2021).

En el contexto educativo, los algoritmos de filtrado basado en contenido están ganando protagonismo en la personalización de la educación. Autores como Ricci *et al.* (2011) destacan que estos algoritmos pueden analizar patrones de interacción de los estudiantes con las plataformas educativas para predecir qué contenido será más relevante y atractivo para ellos. En este sentido, los estudiantes podrían acceder a materiales que se ajusten más a sus estilos de aprendizaje y a sus niveles de competencia.

El marco de referencia de esta investigación es Prepa en Línea SEP, un servicio educativo mexicano creado en 2014 con la finalidad de “formar estudiantes en el tipo medio superior con un modelo educativo innovador, flexible, gratuito y basado en competencias, mediante el uso de las tecnologías de la información y comunicación” (*Diario Oficial de la Federación, DOF*, 2014). Su propósito es ser una opción para cualquier ciudadano mexicano que desee realizar sus estudios de educación media superior bajo la modalidad de estudios en línea (Prepa en Línea SEP, 2021).

Al considerar el tipo de SR, utilizando algoritmos de filtrado colaborativo, el esquema de la figura 1 muestra cómo es el proceso que se llevará a cabo para que el estudiante tenga una recomendación de recursos adecuada a su nivel de aprendizaje.

Los pasos involucrados en el proceso son los siguientes:

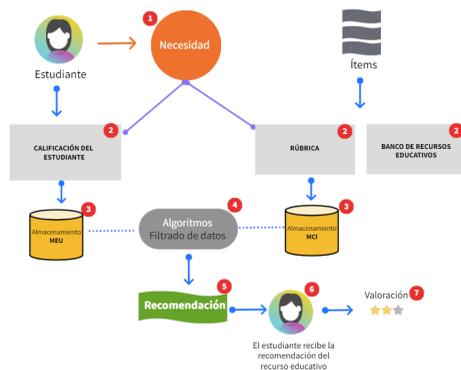


Figura 1. Esquema del sistema de recomendación para recursos educativos en Prepa en Línea SEP. Fuente: elaboración propia.

- Paso 1. Se detecta la necesidad de ofrecer al estudiante contenido adicional a los recursos educativos que se encuentran en la plataforma de Prepa en Línea SEP. Para solventar esta situación se propone utilizar un SR de filtrado basado en contenido.
- Paso 2. Para que el SR pueda funcionar requiere de datos, los cuales se obtendrán por tres vías: a) de la información de los criterios de evaluación que se encuentran en la rúbrica de la Actividad integradora 1 de Prepa en Línea SEP, b) de un banco de recursos educativos creado para esta investigación, y c) de la calificación obtenida en la Actividad integradora 1.
- Paso 3. Estos datos se almacenan, cada uno por su parte, en la Matriz de Evaluación de Usuarios y Matriz de Contenido de Ítem.
- Paso 4. Con los datos almacenados se construye el algoritmo, el cual genera la función de recomendación cuando se ejecuta. El algoritmo tiene una interacción continua con las matrices hasta que logra encontrar el ítem adecuado, de acuerdo con la calificación obtenida del estudiante en cada uno de los criterios de la rúbrica.
- Paso 5. El algoritmo elige, de una lista de elementos o ítems (banco de recursos educativos), aquellos que considera pueden ser útiles para el estudiante, debido a la calificación que obtuvo.
- Paso 6. El estudiante recibe una recomendación de recurso educativo por cada uno de los elementos que se encuentran en la rúbrica. Estos pueden ser en formato de audio, texto, imagen o video.
- Paso 7. El estudiante tiene la posibilidad de emitir una evaluación sobre la utilidad del recurso educativo que se le recomendó. Esta información es de ayuda porque, de acuerdo con las valoraciones hechas por los estudiantes, el algoritmo podrá seguir recomendando o no el recurso en cuestión.

METODOLOGÍA

Este proyecto se sustenta bajo la línea metodológica de la investigación basada en diseño (IBD), importante para comprender cómo, cuándo y por qué las innovaciones educativas funcionan en la práctica, además de conocer las relaciones entre la teoría educativa, el artefacto diseñado y la práctica (Design-Based Research Collective, 2003, p. 5). Benito y Salinas (2016) destacan que el valor de esta metodología debe ser medido, pues contribuye a mejorar la práctica educativa cuando hay intervenciones innovadoras, especialmente las que se realizan en el área de tecnología educativa.

Algunas de las características que conforman a la IBD son:

- 1) Se centra en problemas complejos que se dan en contextos reales.
- 2) Implica colaboración intensiva entre investigadores y practicantes.
- 3) Integra principios de diseño con las potencialidades que ofrece la tecnología para brindar soluciones realizables a la problemática detectada.
- 4) Pone en marcha estudios rigurosos y reflexivos para probar y refinar entornos de aprendizaje innovadores.
- 5) Requiere implicación a largo plazo para el refinamiento continuo del diseño (Benito y Salinas, 2016; Escudero y González, 2017; Balladares-Burgos, 2018).

Considerando estas características se llevó a cabo la investigación. De inicio se detectó que los recursos educativos que se presentan en la plataforma de Prepa en Línea SEP tienen un contenido temático básico, escaso y en algunos casos incompleto, esto ocasiona que los alumnos tengan dificultad para comprender a profundidad los temas abordados en cada unidad de estudio. Por ejemplo, en el Módulo 4 de la plataforma, se presentan ocho recursos para tratar los temas que conforman la Unidad I. Literatura: arte y expresión

comunicativa (ver figura 2), pero dentro de estos no hay una explicación detallada.



Figura 2. Módulo 4. Unidad I. Literatura: arte y expresión comunicativa.
Fuente: imagen tomada de la plataforma de Prepa en Línea SEP.

Esta situación puede notarse en la infografía de la figura 3, en donde de manera general

se menciona el significado de los conceptos: lenguaje literario, connotativo y denotativo. De igual forma, se presenta una breve información sobre las funciones del lenguaje, pero solo se enuncian tres de las seis que deberían estar (falta incluir: metalingüística, fática y poética).

Se considera que los dos factores críticos que intervienen en el rendimiento académico son: la escasez de recursos educativos y, como consecuencia de lo anterior, que algunos estudiantes consultan información de fuentes no confiables. Ambos obstaculizan que los alumnos analicen a profundidad los contenidos temáticos de las Unidades de Prepa en Línea SEP, con lo cual se pone en riesgo su rendimiento académico.

Para identificar esta problemática se empleó la observación participante, lo que permitió analizar los contenidos temáticos de la plataforma educativa. Además, se realizó investigación documental sobre los recursos educativos como un factor en los procesos de enseñanza-aprendizaje, logrando justificar la importancia de que los estudiantes cuenten con una variedad de recursos educativos para su proceso formativo.

Una vez detectado el problema fue necesario conformar un equipo multidisciplinario para darle

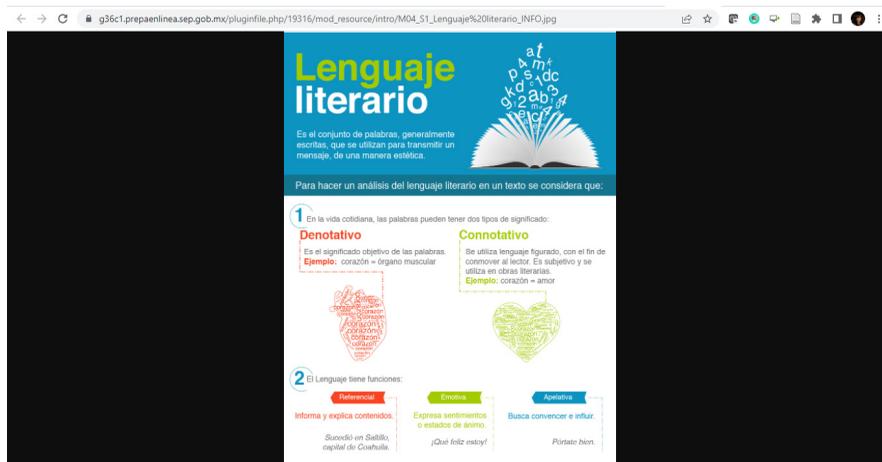


Figura 3. Infografía: lenguaje literario.
Fuente: imagen tomada de la plataforma de Prepa en Línea SEP.

solución y favorecer los procesos de enseñanza-aprendizaje de los alumnos de Prepa en Línea SEP. De acuerdo con Paoli Bolio (2019), “esta forma de colaboración o concurrencia disciplinaria implica la participación de más de dos disciplinas en una investigación o estudio, sin perder cada una su caracterización o abandonar su metodología propia” (p. 348).

De este modo, dentro del equipo hubo especialistas en el área de tecnologías digitales en educación, educación en línea y comunicación de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), así como expertos en sistemas inteligentes del Centro de Investigación en Computación, del Instituto Politécnico Nacional (IPN). El trabajo multidisciplinario permitió la elaboración del SR para recursos educativos, a la par que contribuyó a intercambiar conocimientos, metodologías y lenguaje especializado de las disciplinas involucradas.

Integrado el equipo se comenzó con el diseño del prototipo del SR. En una primera etapa se hizo una investigación documental con la finalidad de comprender más a detalle la manera en la que los SR podrían ayudar a recomendar recursos de fuentes confiables a los alumnos. Posteriormente, se desarrolló el SR utilizando el lenguaje de programación R, que tiene un entorno de *software* libre, es fácilmente escalable y cuenta con una variedad de métodos y técnicas que son utilizados para la investigación científica en proyectos que implican la manipulación y análisis de grandes volúmenes de datos. El conocimiento y la mirada de expertos de varias áreas temáticas contribuyó a reflexionar sobre el prototipo realizado y también permitió tener un análisis riguroso de su aplicación.

Para la puesta en marcha del proyecto, los sujetos de estudio considerados fueron once de los 23 estudiantes pertenecientes a la generación 40, quienes entregaron la Actividad integradora 1 del Módulo 4 de Prepa en Línea SEP. La selección siguió la postura de no repetir personas con calificaciones iguales. A su vez, se empleó la rúbrica de dicha actividad, por abarcar el mayor contenido

temático de la primera unidad. Otro elemento indispensable en la recolección de datos fueron los recursos educativos seleccionados y clasificados con la finalidad de reforzar los temas que se abordan en la actividad. En este sentido, se obtuvo un total de 80 recursos, entre los que se buscó equilibrar en la diversidad de contenidos basados en textos, videos, audios e imágenes.

La identificación y selección de estos recursos estuvo a cargo de las especialistas en educación y comunicación. Los criterios que se tomaron en cuenta en el trabajo detallado de análisis de contenido fueron:

- **Congruencia:** que el contenido del recurso estuviera directamente vinculado con los aprendizajes estipulados en el programa de estudio del Módulo 4, tomando en cuenta las competencias disciplinares y el propósito formativo de la unidad de aprendizaje.
- **Viabilidad:** que fueran acordes con los contextos del estudiante de nivel medio superior, considerando la diversidad de perfiles que tiene Prepa en Línea SEP.
- **Vigencia:** que se enfocaran al contexto social actual, así como a los avances disciplinares y tecnológicos.
- **Claridad:** que tuvieran un lenguaje comprensible, sin errores ortográficos y gramaticales. En el caso de los audios, videos e imágenes se cuidó que no hubiera interferencias que pudieran interrumpir el mensaje, además de la nitidez en su calidad.
- **Funcionalidad:** que todos los recursos funcionaran adecuadamente, es decir, que no tuvieran problemas en su reproducción o consulta.

El diseño del SR se desarrolló en dos etapas, en la primera se recabaron los datos que alimentarían el algoritmo, mientras que en la segunda se diseñó el algoritmo preliminar y se realizó el pilotaje con los datos obtenidos. Cabe mencionar que los SR requieren de entrenamiento constante, es

por ello que la selección de los recursos educativos es una tarea permanente para asegurar que el algoritmo tenga más variedad en sus recomendaciones y que la información que se está recomendando a los estudiantes sea vigente.

RESULTADOS

Una vez elaborado el sistema se realizó la carga de los datos codificados, esto con la finalidad de comenzar a alimentarlo y a detectar errores. Primero se ingresaron los datos de los estudiantes (ver figura 4), seguido de la rúbrica y de los recur-

sos educativos. Uno de los errores que se detectó al estar cargando los datos al sistema fue que no identificó de manera correcta las palabras que tenían acento (ver figura 5). Una vez con el SR en funcionamiento, pudimos certificar que las pruebas piloto logran recomendar recursos educativos de acuerdo con la calificación obtenida de la rúbrica de la Actividad integradora 1 (ver figura 6).

DISCUSIÓN

Con la finalidad de generar procesos educativos cada vez más adaptados a los perfiles de los estudiantes,

```
[1] "DATOS ESTUDIANTES"
[1] "===== "
```

í..Estudiante	Cognitivo_01	Actitudinal_02	Comunicativo_03	Pensamiento_04
1	E_01	24	12	12
2	E_02	24	14	12
3	E_03	28	14	14
4	E_04	32	14	14
5	E_05	32	16	18
6	E_06	36	16	20
7	E_07	36	18	18
8	E_08	36	20	16
9	E_09	36	20	18
10	E_10	40	20	18
11	E_11	40	20	20

```
[1] "Bancos\Rúbrica.csv"
```

Figura 4. Datos de los estudiantes.

Fuente: elaboración propia.

```
[1] "===== "
```

í..Estudiante	Cognitivo_01	Actitudinal_02	Comunicativo_03	Pensamiento crÁ.tico_04
1	E_01	24	12	12
2	E_02	24	14	12
3	E_03	28	14	14
4	E_04	32	14	14
5	E_05	32	16	18
6	E_06	36	16	20
7	E_07	36	18	18
8	E_08	36	20	16
9	E_09	36	20	18
10	E_10	40	20	18
11	E_11	40	20	20

```
[1] "Bancos\Rúbrica.csv"
[1] "RÚBRICA"
```

Figura 5. Ejemplo de un error.

Fuente: elaboración propia.

```

1 #source("MainSistemaDeRecomendacion01.R")
2 print("S I S T E M A   D E   R E C O M E N D A C I Ó N")
3 print("=====")
4 print("Cargando Archivo. . .")
5 source("MetodosSistemaDeRecomendacion01.R")
6 #===== CARGAR DATOS
7 NombreArchivo<- "Estudiantes"
8 cadena<-paste("Bancos\\",NombreArchivo, ".csv")
9 cadena<-gsub(" ", "", cadena); print(cadena)
10 DatosEstudiantes<-read.csv(cadena)
11 print("DATOS ESTUDIANTES")
12 print("=====")
13 print(DatosEstudiantes)
14
15 NombreArchivo<- "Rúbrica"
16 cadena<-paste("Bancos\\",NombreArchivo, ".csv")
17 cadena<-gsub(" ", "", cadena); print(cadena)
18 Rúbrica<-read.csv(cadena)
19 print("RÚBRICA")
20 print("=====")
21 print(Rúbrica)
22
23 NombreArchivo<- "Recursos_1"
24 cadena<-paste("Bancos\\",NombreArchivo, ".csv")
25 cadena<-gsub(" ", "", cadena); print(cadena)
26 Recursos<-read.csv(cadena)
27 print("RECURSOS")
28 print("=====")
29 print(Recursos)
30
31 NombreArchivo<- "Criterios"
32 cadena<-paste("Bancos\\",NombreArchivo, ".csv")
33 cadena<-gsub(" ", "", cadena); print(cadena)
34 Criterios<-read.csv(cadena)

```

Figura 6. Prueba piloto del SR.

Fuente: elaboración propia.

se han desarrollado investigaciones que buscan llevar a un nivel personalizado el aprendizaje. En este sentido, una vía que se ha abierto para lograrlo es diseñar soluciones basadas en algoritmos de recomendación automática de recursos educativos, los cuales “más allá de ofrecer un listado de recursos educativos independientes de los gustos, preferencias y características de los usuarios, permitan mejorar la experiencia educativa” (Otero & Pedraza, 2020, p. 149).

A inicios de 2000, un grupo de investigadores exploró de manera teórica algunas posibilidades para utilizar SR en la educación en línea, con la finalidad de incidir de manera positiva en el aprendizaje de los estudiantes. La idea que propusieron fue la creación de un recomendador de tareas de aprendizaje electrónico, cuyo objetivo era recomendar una tarea a un estudiante en función de las tareas ya realizadas por él, su puntaje obtenido y las tareas realizadas por otros

estudiantes “similares” (Zañane, 2002). Si bien el SR no se desarrolló, esta investigación sirvió para sentar las bases teóricas sobre el uso de este tipo de soluciones tecnológicas en educación en línea.

Hasta donde sabemos, a la fecha no existe ningún sistema de aprendizaje a distancia que proporcione tales instalaciones automatizadas para sugerir automáticamente actividades o recursos de aprendizaje. Sin embargo, en el campo del comercio electrónico, dadas las perspectivas lucrativas, se ha realizado un importante esfuerzo de investigación para idear métodos elaborados de recomendación que permitan mejorar la experiencia de compra y, en consecuencia, la satisfacción del cliente y así aumentar las ganancias (Zañane, 2002, p. 57).

Solo un año después de la presentación de esta propuesta comenzaron a salir a la luz investigaciones que pusieron a prueba los SR –recordar

que en ese entonces se encontraban en su etapa inicial y que su aplicación específica en la educación en línea estaba emergiendo—. Un ejemplo de esto fue el trabajo realizado por Ya y McCalla (2003), quienes propusieron un modelo de SR para encontrar contenido en internet que pudiera personalizarse de acuerdo con las calificaciones que han obtenido los estudiantes, tomando en cuenta sus características de aprendizaje. Este proyecto se centró en el diseño del modelo del SR y en una etapa posterior lo probarían a prueba con estudiantes artificiales para tener una idea de la evolución del sistema tomando en consideración las observaciones de estos usuarios.

Las investigaciones realizadas durante los primeros años del siglo XXI fueron útiles porque contribuyeron al desarrollo posterior de SR más sofisticados y efectivos para aplicarse en el campo de la educación en línea. Pero no fue sino hasta la segunda década cuando proliferaron estudios que utilizaban datos reales de agentes educativos en línea para diseñar algoritmos de recomendación y ponerlos a prueba en EVA.

Por ejemplo, en 2010 se desarrolló un SR para sugerir a los estudiantes de un curso en línea algunos contenidos que necesitaban aprender basándose en su nivel de conocimientos y perfil del estudiante (Shishehchi *et al.*, 2010). Dos años más tarde, Pinter *et al.* (2012) trabajaron en el diseño de un sistema para proponer caminos de aprendizaje más efectivos para el estudiante, utilizando técnicas de filtrado colaborativo, para ello solicitaron opiniones acerca de las actividades que realizaban y de los materiales que utilizaban.

Con la intención de asistir a los estudiantes en la búsqueda de información adecuada, a partir del ingreso de una consulta específica en un EVA, Fernández *et al.* (2014) elaboraron un SR que combinó técnicas de minería de contenido web y recuperación de información. El interés sobre las emociones de los estudiantes fue lo que detonó la investigación de Bustos *et al.* (2016), quienes apostaron por desarrollar el sistema EmoRemSys, el cual consistía en localizar recursos educativos

No fue sino hasta la segunda década cuando proliferaron estudios que utilizaban datos reales de agentes educativos en línea para diseñar algoritmos de recomendación y ponerlos a prueba en EVA

con base en un análisis sentimental del estudiante haciéndolo adaptable a sus necesidades. Hacia finales de esta década, Xiao *et al.* (2018) se centraron en crear sistemas inteligentes que permitieran recomendar recursos de aprendizaje a los estudiantes inscritos en cursos formales en línea.

Acercas de los desafíos que se presentan en cuanto a la implementación de SR en el ámbito educativo, podemos destacar lo referente a los marcos de evaluación sobre su funcionamiento, ya que estos deben de considerar tantas dimensiones como sea posible, por ejemplo, las pedagógicas, los métodos de aprendizaje utilizados y el tipo de interacción que se genera con los estudiantes (Mogos & Bodea, 2019). Por su parte, Fernández-Luque *et al.* (2009) identificaron que un desafío a considerar es la manera en la que los estudiantes puedan valorar las recomendaciones que genera el sistema, ya que al no hacerlas podría contribuir a que no se conozca si la sugerencia que arrojó es útil o no para el alumno. En este sentido, se tendrá que propiciar que participen activamente en la retroalimentación del sistema, proporcionando evaluaciones y comentarios sobre la relevancia y utilidad de las recomendaciones recibidas. Este proceso de retroalimentación no solo ayudará a ajustar y mejorar continuamente los algoritmos

de recomendación, sino que también permitirá a los estudiantes sentirse más involucrados en su propio proceso de aprendizaje

Los trabajos citados anteriormente tienen en común el uso de SR para utilizarse en la recomendación de recursos educativos. La investigación que se presenta en este artículo se sitúa bajo la misma línea, sin embargo, algunas de las fortalezas a destacar son las siguientes:

- El algoritmo de recomendación se ha alimentado del trabajo curatorial docente, ya que a través de su experiencia se obtienen contenidos que abonen al aprendizaje de la Unidad de estudio.
- Se ha buscado un equilibrio entre los recursos educativos a recomendar, ya que hay la misma cantidad de documentos textuales, sonoros, visuales y audiovisuales.
- Los cuatro criterios de los que se conforma la rúbrica son el elemento central para la recomendación del recurso educativo, de tal modo que el estudiante recibe un recurso alineado a la calificación obtenida en cada criterio.
- Es una investigación que se realiza para un bachillerato público en línea en México, y al

momento de la búsqueda no se encontraron referencias de un trabajo similar en el país.

- Se abrió el espacio para que investigadores de la UPN y del IPN, instituciones públicas de educación superior en México, colaboraran en conjunto. Este trabajo multidisciplinario cobró un papel fundamental para el desarrollo de la investigación.

Por todo lo anteriormente señalado, se considera que algunas de las contribuciones al conocimiento en el ámbito de tecnología educativa con el desarrollo del SR propuesto es que se pueden llevar a cabo soluciones educativas basadas en IA, tomando como modelo el método de la IBD y teniendo un acercamiento con investigadores que estén involucrados en el campo de la IA. En cuanto al aspecto práctico, una aportación a destacar es que los SR pueden ser empleados en la educación en línea con la misma naturalidad con la que se utilizan en la vida cotidiana. Esto ayudaría a los estudiantes a ahorrar tiempo en la búsqueda de recursos educativos para ampliar su conocimiento sobre la temática deseada, ya que se filtra y presentan materiales relacionados con su nivel de aprendizaje, permitiendo que se concentren en el estudio y en la comprensión del contenido.

Se considera que algunas de las contribuciones al conocimiento en el ámbito de tecnología educativa con el desarrollo del sistema de recomendación propuesto es que se pueden llevar a cabo soluciones educativas basadas en IA

CONCLUSIONES

Esta investigación se encuentra en la etapa final, por lo que se cuenta con resultados preliminares del SR basado en contenido para recomendar recursos educativos en un programa específico de bachillerato en línea. El algoritmo se alimentó con los criterios contenidos en una rúbrica, con la calificación del estudiante sobre una actividad y con la elaboración de una base de datos de recursos en texto, sonido, imagen y video. En la etapa del pilotaje hemos obtenido resultados preliminares favorables, ya que pudimos comprobar que el sistema recomienda los recursos de acuerdo con la

calificación obtenida en la rúbrica, con los cuales cada estudiante podría profundizar y diversificar su aproximación a los temas curriculares.

Desde esta perspectiva podemos afirmar que el modelo propuesto podría enriquecer y hacer más eficientes los procesos de enseñanza-aprendizaje para la educación en línea. Esto representa un avance en los trabajos de incorporación de SR en EVA, ya que se pone énfasis en la calidad y la variedad de los recursos que se recomiendan, priorizando el avance obtenido de cada estudiante.

En la actualidad, no hay un SR con características similares al que se ha desarrollado de manera multidisciplinar en este proyecto, por lo que esta investigación, realizada en colaboración con dos instituciones públicas de educación superior en México, contribuye a la realización de trabajos posteriores en donde el área dedicada a la educación aporte su conocimiento sobre las problemáticas y necesidades pedagógicas. A su vez, los ingenieros podrían brindar experiencias en el diseño de sistemas basados en inteligencia artificial que trabajen con grandes volúmenes de datos y generen recomendaciones precisas y personalizadas a los estudiantes en EVA.

Entre las líneas de generación de conocimiento en las que continúa el proyecto, se ha contemplado poner a prueba el modelo de recomendación con estudiantes de Prepa en Línea SEP, esto permitirá evaluar su desempeño y recabar opiniones de los actores directamente involucrados. En este sentido, podría llevarse a cabo un análisis de resultados que incluya métricas tanto cuantitativas como cualitativas, y con ello lograr una evaluación rigurosa sobre el sistema de recomendación propuesto. Esto permitiría analizar, por ejemplo, cuáles han sido las mejoras en el compromiso y rendimiento académico de los estudiantes, así como la aportación y eficacia que han tenido los distintos tipos de recursos que se sugieren.

Finalmente, reconocemos que la principal limitante es que el SR solo ha sido probado en simuladores digitales y no en una plataforma de bachillerato. A futuro se intentará implementar y

evaluar el sistema en un bachillerato en línea para validar su efectividad en situaciones de aprendizaje auténticas, lo que además permitirá conocer la experiencia y opinión de los estudiantes y docentes con el SR. La retroalimentación obtenida permitirá hacer ajustes necesarios para su máximo aprovechamiento. *a*

REFERENCIAS

- Arana, I. (18 de mayo de 2019). La inquietante apuesta china por el reconocimiento facial. *La Vanguardia*. <https://www.lavanguardia.com/tecnologia/20190518/462270404745/reconocimiento-facial-china-derechos-humanos.html>
- Aziz, A. & Fayyaz, M. (2021). *Comparison of Content Based and Collaborative Filtering in Recommendation Systems*. International Conference on Multimedia Information Technology and Applications At Vietnam. https://www.researchgate.net/publication/348659288_Comparison_of_Content_Based_and_Collaborative_Filtering_in_Recommendation_Systems
- Balladares-Burgos, J. (2018). La investigación educativa en el posgrado universitario: hacia una investigación basada en el diseño instruccional. *Revista Andina de Educación*, 1(1), 30-34. <https://doi.org/10.32719/26312816.2018.1.1.4>
- Banda Gamboa, H. A. (2014). *Inteligencia artificial. Principios y aplicaciones*. Escuela Politécnica Nacional.
- Benito, B. y Salinas, J. M. (2016). La investigación basada en diseño en tecnología educativa. *RIITE Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, (0), 44-59. <https://doi.org/10.6018/riite2016/260631>
- Bengio, Y. (2009). Learning Deep Architectures for AI. *Foundations and Trends Machine Learning*, 2(1), 1-56. <https://www.iro.umontreal.ca/~lisa/pointeurs/TR1312.pdf>
- Boden, M. (1990). *The Philosophy of Artificial Intelligence*. Oxford University Press.
- Bustos López, M.; Hernández Montes, A. J.; Vázquez Ramírez, R.; Alor Hernández, G.; Zatarain Cabada, R. y Barrón Estrada, M. L. (2016). EmoRemSys: Sistema de recomendación de recursos educativos basado en detección de emociones. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 17, 80-95. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6665737>
- Chong, G.; Jian, M. & Zhiying, J. (2020). Artificial intelligence innovation in education: a twenty-year data-driven historical

- analysis. *International Journal of Innovation Studies*, 4, 134-147. <https://doi.org/10.1016/j.ijis.2020.09.001>
- Design-Based Research Collective. (2003). Design-Based Research: An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32(1), 5-8. <https://doi.org/10.3102/0013189X032001005>
- Diario Oficial de la Federación (DOF)*. (2014). Acuerdo número 09/09/14 por el que se establece el Plan de Estudios del Servicio Nacional de Bachillerato en Línea, Prepa en Línea-SEP. <https://sidof.segob.gob.mx/notas/5361362>
- El Tiempo. (28 de marzo de 2018). *Finlandia aprueba a robots como educadores en las aulas* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=OdORQYb95Pw>
- Escudero, A. y González, D. (2017). Propuesta para identificar la investigación de frontera en la Investigación basada en Diseño sobre nuevos modelos educativos. En L. Gómez, L. Romero, M. Mejía y R. Victoria (Eds.), *Posibles retos del Diseño ante grandes cambios* (pp. 932-944). Universidad Autónoma del Estado de México.
- Falk, K. (2019). *Practical Recommender Systems*. Manning.
- Fernández-Luque, L.; Karlsen, R. & Vognild, L. K. (2009). Challenges and Opportunities of Using Recommender Systems for Personalized Health Education. *Medical Informatics in a United and Healthy Europe*, (150), 903-907. <https://ebooks.iospress.nl/publication/12798>
- Fernández Reuter, B.; Durán, E. y Amandi, A. (2014). Búsqueda y Recomendación de contenido educativo en entornos virtuales de aprendizaje. *15th Argentine Symposium on Artificial Intelligence, ASAI 2014*. 67-74. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/41724>
- González Díaz, D.; Picie Alcaraz, J. I.; González Martínez, M. D.; Hernández Jácome, C. H. y Onofre Ruiz, E. (2019). Nodos: Plataforma para la predicción de deserción escolar utilizando técnicas de inteligencia artificial. https://www.researchgate.net/publication/338955219_Nodos_Plataforma_para_la_prediccion_de_desercion_escolar_utilizando_tecnicas_de_inteligencia_artificial
- León Rodríguez, G. C. y Viña Brito, S. M. (2017). La inteligencia artificial en la educación superior: oportunidades y amenazas. *Innova Research Journal*, 2(8), 412-422. <https://doi.org/10.33890/innova.v2.n8.1.2017.399>
- McCorduck, P. (1991). *Máquinas que piensan. Una incursión personal en la historia y las perspectivas de la inteligencia artificial*. Tecnos.
- Mochón, J.; Aparicio, R. y Castaños, C. (1987). *Inteligencia artificial: evolución histórica y perspectivas del futuro*. Marcombo.
- Mogos, R. I. & Bodea, C. N. (2019). Recommender System for Engineering Education. *Revue Roumaine des Sciences Techniques, Série Électrotechnique et Énergétique*, 64(4), 435-442. http://revue.elth.pub.ro/upload/94857220_RMogos_RRST_4_2019_pp_435-442.pdf
- Otero Cano, P. A. & Pedraza Alarcón, E. C. (2020). Recommendation Systems in Education: A review of Recommendation Mechanisms in E-learning Environments. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 20(38), 147-158. <https://doi.org/10.22395/rivm.v20n38a9>
- Paoli Bolio, F. J. (2019). Multi, inter y transdisciplinariedad. *Problema anuario de filosofía y teoría del derecho*, (13), 347-357. <https://doi.org/10.22201/ij.24487937e.2019.13>
- Parra, S. (24 de febrero de 2020). Así es el colegio en China gracias a la inteligencia artificial. *Muy Interesante*. <https://www.muyinteresante.es/tecnologia/articulo/asi-es-el-colegio-en-china-gracias-a-la-inteligencia-artificial-191582559478>
- Pinter, R.; Marušić, T.; Radosav, D. & Maravić Čisar, S. (2012). Recommender System in Student web-based adaptive educational hypermedia system. *2012 Proceedings of the 35th International Convention MIPRO*. 1270-1273. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6240831>
- Prepa en Línea SEP. (2021). Curso de habilitación y orientación didáctica disciplinar [curso en línea]. Prepa en Línea SEP. <https://capacitacion.prepaenlinea.sep.gob.mx/mod/scorm/player.php>
- Ricci, F.; Rokach, L. & Shapira, B. (2011). *Recommender Systems Handbook*. Springer.
- Rus, V.; Niraula, N. B. & Banjade, R. (2015). DeepTutor: An Effective, Online Intelligent Tutoring System That Promotes Deep Learning. [Ponencia]. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 29(1). <https://doi.org/10.1609/aaai.v29i1.9269>
- Sanabria Medina, G. y Regil-Vargas, L. (2023). La investigación basada en diseño para el uso de sistemas de recomendación de recursos educativos en Prepa en Línea SEP [Ponencia]. XVII Congreso Nacional de Investigación Educativa. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Sancho Azcoitia, S. (2018). *Sistemas expertos en medicina*. Telefónica. <https://empresas.blogthinkbig.com/sistemas-expertos-en-medicina/>
- Shishehchi, S.; Banihashem, S. Y. & Zin, N. A. M. (2010). A Proposed Semantic Recommendation System for E-learning - A Rule

- and Ontology Based E-learning Recommendation System. *2010 International Symposium*, pp. 1-5. <http://dx.doi.org/10.1109/ITSIM.2010.5561329>
- Singhal, A.; Rastogi, S.; Panchal, N.; Chauhan, S. & Varshney, S. (2021). Research Paper On Recommendation System. *Global Scientific Journals*, 9(8), 935-938. https://www.globalscientificjournal.com/researchpaper/Research_Paper_On_Recommendation_System.pdf
- Smola, A. & Vishwanathan, S. V. (2008). *Introduction to Machine Learning*. Cambridge University Press.
- Sossa, H. (2020). El papel de la inteligencia artificial en la Industria 4.0. En P. O. Rodríguez Reséndiz (Coord.), *Inteligencia artificial y datos masivos en archivos digitales sonoros y audiovisuales* (pp. 21-58). UNAM / IIBI.
- Vílchez Quesada, E. (2007). Sistemas expertos para la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en la educación superior. *Cuadernos de investigación y formación en educación matemática*, 2(3), 45-67. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/6891>
- Wang, J.; Li, H.; Cai, Z.; Keshtkar, F.; Graesser, A. & Shaffer, D. (2013). AutoMentor: Artificial Intelligent Mentor in Educational Game. En H. Chad, K. Yacef, J. Mostow y P. Pavlik (Eds.), *Artificial Intelligence in Education. AIED 2013. Lecture Notes in Computer Science*, 7926, (pp. 940-941). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-39112-5_154
- Xiao, J.; Wang, M.; Jiang, B. & Li, J. (2018). A personalized recommendation system with combinational algorithm for on-line learning. *Journal Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9, 667-677. <https://doi.org/10.1007/s12652-017-0466-8>
- Ya, T. & McCalla, G. (2003). Smart Recommendation for Evolving E-learning System. https://www.researchgate.net/publication/228608024_Smart_recommendation_for_evolution_learning_system
- Zañane, O. R. (2002). Building a Recommender Agent for e-Learning Systems. *International Conference on Computers in Education*. <https://doi.org/10.1109/CIE.2002.1185862>

Este artículo es de acceso abierto. Los usuarios pueden leer, descargar, distribuir, imprimir y enlazar al texto completo, siempre y cuando sea sin fines de lucro y se cite la fuente.

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO:

Sanabria Medina, G. y Regil-Vargas, L. (2024). Inteligencia artificial para la recomendación de recursos en educación en línea. *Apertura*, 16(2), 6-21. <http://doi.org/10.32870/Ap.v16n2.2542>