

Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación

Adaptive Learning Technology Models Applied to Education

Raúl Quintanar-Casillas¹ y Ma. Sandra Hernández-López²

✓ Recibido: 24/febrero/2022

✓ Aceptado: 01/junio/2022

✓ Publicado: 29/junio/2022

📖 Páginas: 41-58

🌐 País

¹México

²México

🏛️ Institución

¹Facultad de Informática. Universidad Autónoma de Querétaro

²Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma de Querétaro

✉️ Correo Electrónico

¹rquintanar02@alumnos.uaq.mx

²ma.sandra.hernandez@uaq.mx

🆔 ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-5943-3885>

²<https://orcid.org/0000-0002-0768-8780>

🗨️ Citar así: APA / IEEE

Quintanar-Casillas, R. & Hernández-López, Ma. S. (2022). Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación: Revisión Sistemática de la Literatura. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 15(1), 41-58. <https://doi.org/10.37843/rted.v15i1.308>

R. Quintanar-Casillas y Ma. S. Hernández-López, "Modelos Tecnológicos de Aprendizaje Adaptativo Aplicados a la Educación: Revisión Sistemática de la Literatura", *RTED*, vol. 15, n.º 1, pp. 41-58, jun. 2022.

Resumen

En los últimos diez años, se han publicado diversas investigaciones que proponen modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo o personalizado tomando como base el estudio de los estilos de aprendizaje, las habilidades cognitivas o la interacción del estudiante con los objetos de aprendizaje. El objetivo de esta investigación fue efectuar una revisión sistemática de los modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo propuestos durante el periodo 2012-2021 tomando en cuenta autores de origen hispanoamericano. Para su realización, se empleó el método analítico, bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo de tipo descriptivo apoyado en el metaanálisis y con un diseño experimental de orden transversal. Se aplicó la metodología de análisis de contenido apoyada en las directrices de la declaración *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* para la elaboración de revisiones sobre una muestra de 50 estudios seleccionados de diferentes bases de datos científicas que propusieran modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo. Se utilizaron dos categorías de análisis: objeto de estudio y estructura del sistema o modelo propuesto. A través de una matriz bibliográfica, como, una matriz analítica se registró y organizó la información recabada. Dentro de los resultados obtenidos se observó que la mayor parte de los estudios tienen estructuras basadas en tres componentes, siendo la inteligencia artificial la técnica de adaptabilidad más empleada; de igual forma, se observó una relativa exigüidad de estudios elaborados en Hispanoamérica. Se concluyó mencionando los nichos de investigación sobre aprendizaje adaptativo aplicado a la Educación y una serie de sugerencias en torno a trabajos futuras.

Palabras Clave: Modelos tecnológicos, aprendizaje adaptativo, educación.

Abstract

In the last ten years, several investigations have been published that propose adaptive or personalized learning models or systems based on the study of learning styles, cognitive abilities, or student interaction with learning objects. The objective of this research was to carry out a systematic review of the adaptive learning models or systems proposed during the 2012-2021 period, taking into account authors of Hispanic-American origin. For its realization, the analytical method was used, under the positivist paradigm, with a descriptive quantitative approach supported by meta-analysis and a cross-sectional experimental design. The content analysis methodology was applied based on the guidelines of the Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses declaration for the elaboration of thoughts on a sample of 50 studies selected from different scientific databases that proposed adaptive learning models or systems. Two categories of analysis were used: the object of research and the structure of the proposed approach or model. Like an analytical matrix, a bibliographic matrix was broken and organized the information collected. The results showed that most of the studies have structures based on three components, with artificial intelligence being the most used adaptability technique; likewise, a relative scarcity of studies carried out in Latin America and Spain was observed. It was concluded by mentioning the research niches on adaptive learning applied to Education and a series of suggestions regarding future work.

Keywords: Adaptive learning, technology models, education.

Introducción

En los últimos diez años, se han publicado diversas investigaciones que proponen modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo o personalizado tomando como base el estudio de los estilos de aprendizaje (EA), las habilidades cognitivas (HC) o la interacción del estudiante con los objetos de aprendizaje (OA); en algunos casos se han incluido técnicas de inteligencia artificial (IA) como el aprendizaje automático (*machine learning*) o el aprendizaje por reforzamiento (Rothman, 20218). A nivel global, la región de Hispanoamérica cuenta con poca producción científica en cuanto a propuestas de aprendizaje adaptativo. Dadas las premisas antes mencionadas resulta de interés para los investigadores y académicos que enfrenten problemáticas en las que la adaptabilidad del aprendizaje se perciba como una solución, conocer el estado del arte de los modelos y sistemas de aprendizaje adaptativo y aprendizaje personalizado, identificando los objetos de estudio y las estructuras propuestas en estos modelos.

Durante el proceso de búsqueda se ubicaron tres revisiones sistemáticas sobre el aprendizaje adaptativo y el aprendizaje personalizado: a) Xie et al. (2019) realizan un análisis descriptivo de 70 diferentes trabajos sobre aprendizaje adaptativo o personalizado clasificándolos por año de publicación, edad, nivel de estudios de los sujetos de estudio, temática del contenido educativo, tipo de enfoque, hardware utilizado y tipo de resultados obtenidos; por su parte; b) Afini et al. (2018) exponen una revisión sistemática de 78 estudios enfocados a la investigación de los rasgos individuales en ambientes de aprendizaje adaptativo; c) por su parte, Zhai et al. (2021) consideran 100 diferentes estudios que utilicen a la inteligencia artificial (IA) aplicada en la educación.

Estas tres revisiones exponen la construcción del estado del arte de los modelos y sistemas de aprendizajes adaptativo y personalizado desde diferentes aristas, en diferentes niveles de detalle, aunque que no consideran dentro de su análisis las estructuras de los modelos planteados, las técnicas de IA

empleadas; además no se incluyen los trabajos realizados en la región hispanoamericana.

De acuerdo con Alvarado et al. (2013), con la concepción del estado del arte es posible avanzar en la producción de nuevo conocimiento. Tomando en consideración esta aseveración, la presente investigación tuvo como objetivo aplicar una revisión sistemática a los modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo propuestos durante el periodo 2012-2021 mediante la metodología *Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) y considerando los estudios realizados en Hispanoamérica, con el fin de conocer el estado del arte en la materia. Este cuerpo de conocimiento resulta útil al fungir como una base teórica en el desarrollo de nuevos modelos y sistemas de aprendizaje adaptativo.

Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo el método analítico, bajo el paradigma positivista, con enfoque cuantitativo de tipo descriptivo apoyado en el metaanálisis y con un diseño experimental de orden transversal. El método analítico que es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos (Lopera et. al, 2010), en este caso, se realizó la descomposición de los modelos y sistemas considerados para el estudio en sus elementos estructurales. De igual forma, esta investigación se fundamenta bajo el paradigma constructivista que permitió realizar una representación teórica de la realidad de los modelos y sistemas de aprendizaje adaptativo (Ramos, 2015).

El enfoque desde el que se abordó el presente estudio es de tipo cuantitativo apoyado en los procesos de codificación y cuantificación de las variables o categorías de estudio, y de esta forma, seguir un orden lógico e inmutable (Hernández-Sampieri, 2018). La investigación se basó en las directrices establecidas en la declaración PRISMA en lo referente a la realización de revisiones sistemáticas (Page et al., 2021). El trabajo desarrollado es de tipo descriptivo a apoyado en el metaanálisis, identificando las estructuras de los modelos propuestos en los estudios analizados y comparando los resultados obtenidos con

investigaciones previas (Page et al., 2021). La investigación es de tipo descriptiva con un diseño no experimental de orden transversal, con la finalidad llevar a cabo una revisión sistemática de la literatura científica referente al aprendizaje adaptativo aplicado en la educación (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Para desarrollar la revisión sistemática, en primera instancia se consideró como universo de estudio o población a los trabajos enfocados al aprendizaje adaptativo. A partir de esta población, se seleccionó una muestra integrada por 50 trabajos de investigación sobre aprendizaje adaptativo. De acuerdo con Arias-Gómez et al. (2016), la población es un conjunto de casos, definido, limitado y accesible, que forma el referente para la elección de la muestra que cumple con una serie de criterios predeterminados; por su parte, la muestra es un subconjunto representativo de la población sobre el cual se ejecuta el proceso investigativo (Otzen & Manterola, 2017).

Durante el proceso de selección de trabajos, se emplearon como instrumentos a la matriz bibliográfica y a la matriz analítica para el registro de la información recabada. Este proceso se apoyó en la técnica del análisis documental; la técnica es la forma en la que se siguen los pasos del método, mientras que el instrumento es la aplicación de la técnica (González, 2020). Con la información registrada en la matriz bibliográfica, se realizó la codificación, para su posterior análisis estadístico, en el cual se cuantifican los datos y se realizan cálculos estadísticos a fin de entender e interpretar los resultados de dichos cálculos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

Con respecto a la metodología PRISMA, el autor Page et al. determina dos fases investigativas:

1) Planeación y diseño, en la que se establece los criterios de elegibilidad, las fuentes de información y la estrategia de búsqueda; y

2) Gestión, Análisis, elaboración y formalización en la que se establecen a) el proceso de selección de los estudios dividido en tres etapas: identificación, cribado e inclusión y de cuyo resultado se determina el universo, la muestra y las categorías de análisis. Con esta información se realiza una lectura lineal apoyada en una matriz bibliográfica en la que se inventarían los textos que conforman el universo

y sobre la cual se aplican los filtros de selección, y en una matriz analítica de contenido en la que se observen las categorías de análisis empleadas para el estudio; y b) proceso de extracción y análisis de los datos, en la que se realice la lectura horizontal sobre una matriz analítica de contenidos utilizada como método de síntesis a través de dos categorías de análisis: objeto de estudio y estructura propuesta (2020, p.794).

Primera Fase

Se realizó una búsqueda a través de diferentes motores como lo son Academia.edu, Google Académico, la Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal (REDALYC), Scientific Electronic Library Online (SciELO), Scencedirect y Scopus, de trabajos que propongan Modelos de Aprendizaje Adaptativo o Personalizado utilizando las frases exactas “aprendizaje adaptativo” o “aprendizaje personalizado” y que incluyeran ya sea la palabra “sistema” o “modelo”. Cabe señalar que se priorizó la búsqueda y recuperación de trabajos originados en la región de Hispanoamérica.

En idioma inglés, se emplearon “*adaptive learning*”, “*personalized learning*” con la combinación booleana AND con los vocablos “*model*” o “*system*”, ya que las búsquedas arrojaban un número de resultados mucho más amplio. En la Figura 1 se puede observar el flujo de trabajo para la búsqueda, recuperación y selección de estudios siguiendo la metodología PRISMA.

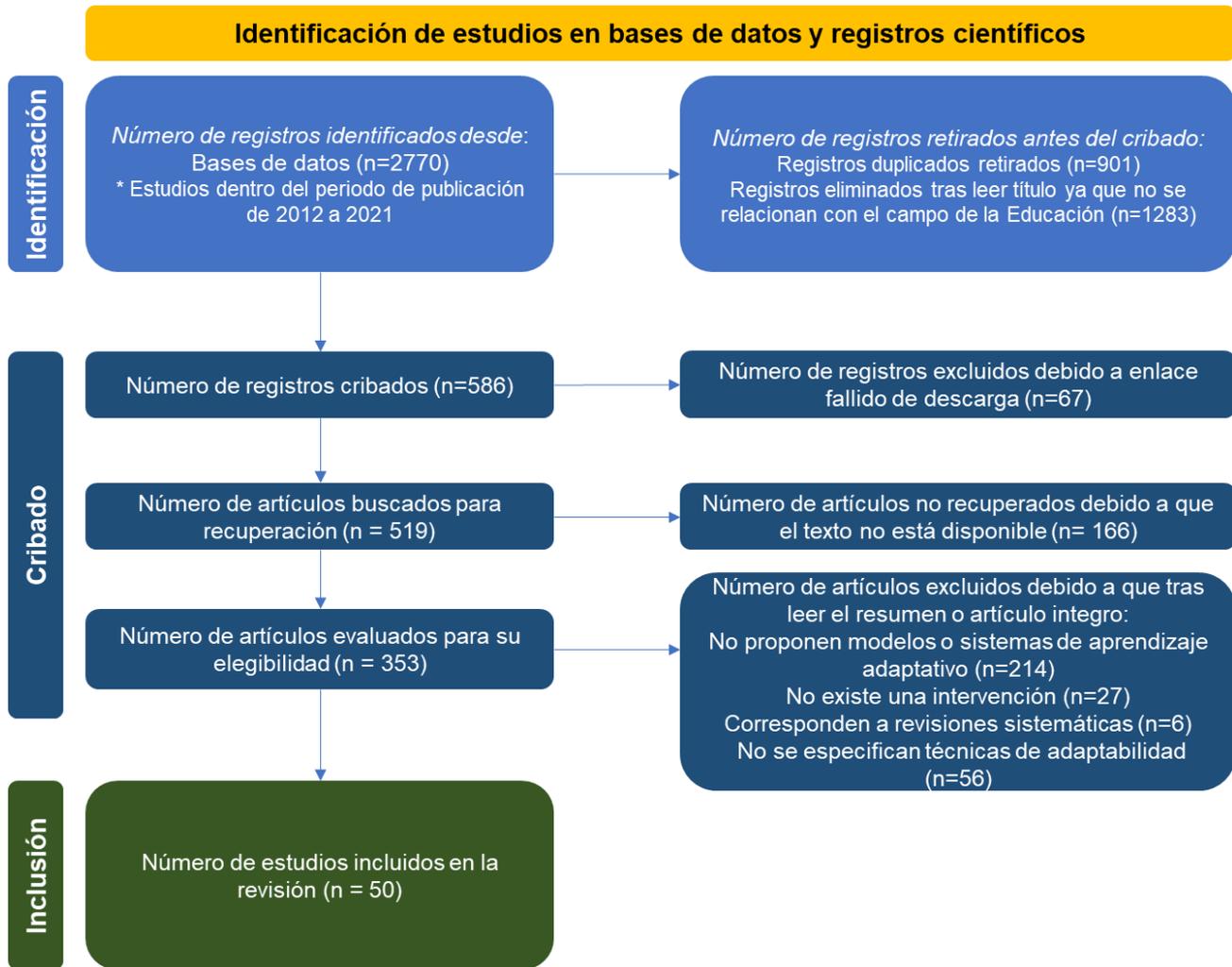
Como criterios de inclusión se estableció que para los artículos considerados: a) su fecha de publicación estuviera dentro del periodo comprendido entre los años 2012 a 2021 y b) la investigación subyacente se relacionara con el campo de la Educación. Como criterios de exclusión se estableció que los estudios no considerados fueran aquellos que: a) no propusieran modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo; b) no tuvieran un proceso de intervención, en otras palabras, que el estudio no contemplara la aplicación de instrumentos de investigación a un conjunto determinado de sujetos de estudio; c) correspondieran a revisiones sistemáticas; y d) no especificaran técnicas de

adaptabilidad. A través de una lectura lineal como la sugerida por Gómez et. al (2015) se seleccionaron del universo de estudio inventariado en la matriz bibliográfica y después

de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, 50 trabajos de investigación sobre aprendizaje adaptativo.

Figura 1

Diagrama de Flujo PRISMA para la Búsqueda, Recuperación y Selección de Estudios



Nota. Proceso elaborado con base en la declaración PRISMA del año 2020, elaboración propia (2022).

Segunda Etapa

Los resultados obtenidos en la primera etapa se utilizaron para conformar una matriz analítica con la que se desarrolló un análisis de contenido mediante dos categorías de análisis: objeto de estudio y estructura. Para cuantificar los resultados de la segunda etapa, la categoría “Objeto de estudio” se define como una dimensión de la cual se desprenden los siguientes indicadores: a) el tipo de propuesta (variable

dependiente) con la que se trabajó en cada estudio, verificando si se trata de un modelo o

sistema de aprendizaje adaptativo (MAA o SAA) o de un modelo o sistema de aprendizaje personalizado (MAP o SAP); b) la estrategia utilizada en la construcción del objeto de estudio como pueden ser las habilidades cognitivas (HC), las competencias (CA), o los estilos de aprendizaje (EA) de los sujetos de estudio, o bien, los objetos de aprendizaje (OA); c) si los sujetos de estudio pertenecen a un ambiente escolar o laboral (E/L).

La segunda categoría de análisis es la “estructura propuesta” en cada uno de los estudios revisados. Como parte de la lectura vertical realizada en un inicio, se identificaron tres submodelos componentes que son los más utilizados: a) Modelo de Aprendizaje, b) Modelo del Dominio, y c) Modelo de Adaptación y se codificaron para su posterior cuantificación de acuerdo con la siguiente nomenclatura respectivamente: MA. MDOM y MAD. Otro

componente identificado en la “estructura propuesta” son las técnicas de adaptabilidad utilizadas en los módulos o modelos de adaptación, identificadas con las siglas TA. Dentro del conjunto de estudios analizados se encontró un gran número de herramientas de Inteligencia Artificial empleados en el MAD, de las cuales se observa su clasificación en la Figura 2.

Figura 2

Clasificación de las Técnicas de Aprendizaje Automático para la Inteligencia Artificial



Nota. Clasificación de las diferentes técnicas de Aprendizaje Automático en la IA utilizadas en los Modelos y Sistemas de Aprendizaje Adaptativo (MAA/SAA), elaboración propia con base en Sabita (2021).

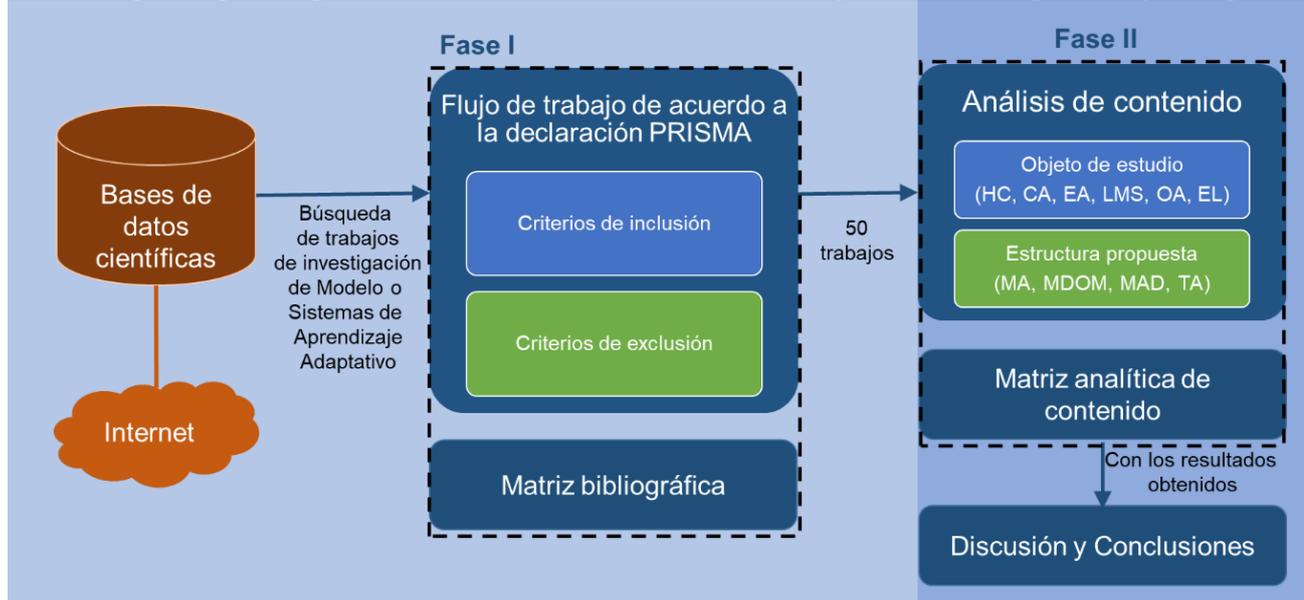
De esta forma la “estructura propuesta” se concibe como una dimensión cuyos indicadores son MA, MDOM, MAD y TA. A través de una lectura horizontal de la matriz analítica de contenido, se selecciona uno por uno los indicadores anteriormente definidos y se contrasta la información obtenida para cada una de las investigaciones revisadas. La codificación y cuantificación de las dimensiones e indicadores de la investigación permitieron exponer en los

resultados una serie de gráficas que muestran las tendencias en materia de aprendizaje adaptativo.

Los resultados de la investigación son analizados en la sección “Discusión” y finalmente en la sección “Conclusiones” se exponen la importancia y utilidad del *corpus* definido, y las recomendaciones para propuestas futuras. En la Figura 3 se muestra un esquema que resume la metodología empleada para la revisión sistemática objeto de la presente investigación.

Figura 3

Metodología Empleada para la Revisión Sistemática de Modelos y Sistemas de Aprendizaje Adaptativo



Nota. Diagrama resumen del proceso completo que se llevó a cabo durante la investigación, elaboración propia (2022).

Resultados

Con base en el análisis de los estudios seleccionados, en lo que refiere a la dimensión de “Estructura”, se observó que los módulos o componentes de los modelos o sistemas propuestos de aprendizaje adaptativo que más frecuentemente se utilizaban dentro de sus estructuras fueron el Módulo del Aprendizaje (MAP), el Módulo de Dominio u Objeto de Aprendizaje (MDOM) y el Módulo de Adaptación (MAD). Por otro lado, para la dimensión del “Objeto de Estudio”, se observó que un gran número de trabajos se enfocaron en el análisis de los objetos de aprendizaje y en proponer versiones mejoradas de los LMS incorporando elementos de adaptabilidad; la investigación de las habilidades cognitivas en el marco del aprendizaje adaptativo es escasa.

Primera Etapa

En la etapa de identificación se ubicaron 2770 estudios, de los cuales se retiraron 901 por estar duplicados y 1283 trabajos por tener un enfoque relacionado al estudio de sistemas de inteligencia artificial automatizados que utilizan algoritmos de aprendizaje adaptativo que no se aplicaban al terreno de la Educación. De este

primer filtro se obtuvieron un total de 586 registros para la etapa de cribado de los cuales 67 presentaron un enlace de descarga incorrecto; de los 519 artículos restantes, no fue posible recuperar el texto completo de 166 de ellos, dando como resultado un total de 353 artículos que conformaron el universo de estudio, mismos que fueron evaluados para su elegibilidad e inventariados en una matriz bibliográfica. Los criterios de inclusión y de exclusión expuestos en líneas previas, se aplicaron al universo de artículos seleccionados dando como resultado en la etapa de inclusión un total de 50 trabajos que conformaron la muestra de estudio, mismos que fueron tomados en cuenta para efectuar la revisión sistemática.

Segunda Etapa

En esta etapa se utilizó una matriz analítica de contenido, la cual se puede observar en la Tabla 1, ordenada de forma cronológica, en la que se compendian los 50 trabajos de investigación elegidos para realizar la revisión sistemática. Se emplearon dos categorías de análisis o dimensiones: Objeto de Estudio y Estructura.

Tabla 1
Lista de Trabajos Enfocados en el Estudio del Aprendizaje Adaptativo

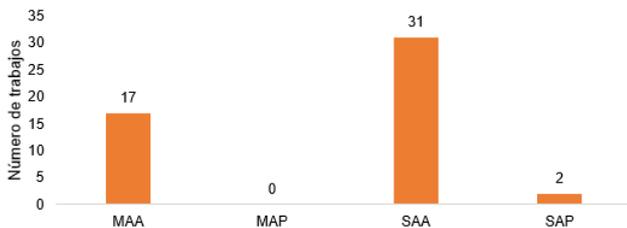
ID	Autor(es)	O	Prop.	Objeto de Estudio							Estructura			TA
				HC	CA	E A	LM S	OA	E/ L	MAP	MDO M	MAD		
1	Gonçalves y García (2012)	H	SAA			X	X		E	X	X	X	IA - Sistemas de Recomendación	
2	Ahmad, Tasirb, Kasime, & Sahata (2013)	A	SAA			X	X		E	X	X	X	Modelo basado en literatura - FSLSM	
3	Leris, Vea y Velamazán (2015)	H	SAA				X		E		X		Itinerario de aprendizaje	
4	Peña, González y Mendoza (2015)	H	MAA			X	X	X	E	X			IA - Redes bayesianas	
5	Roque-Alayón, Sánchez-Díaz, y López-Padrón (2015)	H	SAP				X		E		X		N/A	
6	Velandia (2015)	H	SAA	X				X	E	X	X	X	IA - Árboles de decisión, redes neuronales, regresión lineal, SVM y algoritmos genéticos	
7	May (2016)	E	MAA			X	X		E	N/A	N/A	N/A	IA - Reglas, redes bayesianas, redes neuronales y árboles de decisión	
8	Qodad et al. (2016)	F	SAA		X	X	X		L	X	X	X	Reglas de extracción y FSLSM	
9	Battou (2017)	F	SAA			X	X		E	X			Reglas Pedagógicas	
10	Fernández, Ramirez y Blanco (2017)	H	MAA	X		X	X	X	E			X	Métodos centrados en profesorado, descubrimiento y resolución de problemas	
11	González, Benchoff, Huapaya y Remon (2017)	H	SAA			X	X		E				Felder and Silverman (FSLSM)	
12	Liu, McKelroy, Corliss & Carrigan (2017)	U	SAA				X		E		X	X	Brightspace Leap™	
13	Mira-Giménez (2017)	H	SAA		X		X	X	E			X	Itinerario de aprendizaje	
14	Real-Fernández, Molina-Carmona y Llorens-Largo (2017)	H	MAA		X		X	X	E		X		IA - Redes neuronales gráficas (GNN)	
15	Salazar-Ospina et al. (2017)	H	SAA			X		X	E	X	X	X	Sistema multiagente BROA	
16	Shawky & Badawi (2018)	F	SAA					X	E			X	IA- Aprendizaje por refuerzo	
17	Balasubramanian & Margret (2018)	A	MAA	X		X		X	E	X	X	X	IA - Aprendizaje por refuerzo	
18	El Asame, Wakrim & Battou (2018)	F	MAA		X		X	X	E		X		Competencias requeridas	
19	González, Becerra y Olmos (2018)	H	SAA			X		X	E			X	FSLSM	
20	Kellman, P. & Krasne, S (2018)	U	SAA	X		X			E	X			VARX (Enfoque Perceptivo)	
21	Serrao-Neumann, S., Cox, M. & Low, D. (2018)	O	MAA		X			X	L			X	Itinerario de aprendizaje	
22	Sfenrianto, S., Hartarto, Y. & Akbar, H. (2018)	A	SAA		X		X	X	E			X	Itinerario de aprendizaje y árbol de decisión	
23	Zulfiani, Suwarna, & Miranto (2018)	A	SAA			X	X	X	E	X	X		VARX	
24	Brateanu et al. (2019)	U	SAA				X	X	E	X		X	Itinerario de aprendizaje	
25	Chávez (2019)	H	SAP				X	X	E		X		N/A	
26	Firdausiah, Yusofa, & Hoiril (2019)	A	MAA		X			X	E	X	X	X	IA - Redes neuronales	

27	Guevara y Aguilar (1) (2019)	H	MAA			X	E		X	Objeto de Aprendizaje Adaptativo
28	Guevara y Aguilar (2) (2019)	H	MAA			X	E		X	Objeto de Aprendizaje Adaptativo
29	Hassan, Habiba, Majeed & Shoaib (2019)	A	MAA		X	X	E	X	X	FSLSM
30	Hünicken, González, Haag y Ruppel (2019)	H	SAA		X	X	X	E	X	Itinerario de aprendizaje
31	Otero, Rivera, Pedraza, y Canay (2019)	H	SAA			X	E		X	IA – Sistemas de Recomendación
32	Sheeba y Krishnan (2019)	A	MAA		X	X		E	X	FSLSM
33	Yaplea & Yu (2019)	A	MAA	X				E	X	Aprendizaje reverso
34	Duque, Ovalle & Carrillo (2020)	H	MAA		X	X		E		Reglas, VARK, FSLSM
35	Jiménez, Fernández y Almenárez (2020)	H	MAA		X		X	L	X	Itinerario de aprendizaje
36	Koch, de Azevedo, Sebastiany y Cortina	B	SAA			X	X	E	X	IA - AIEd
37	Koshova (2020)	E	MAA			X		L		N/A
38	Krechetov & Romanenko (2020)	E	SAA			X	X	E		IA - Algoritmo genético
39	Kuniyoshi & Kurahashi (2020)	A	SAA			X		E	X	IA - Red Compleja (Bayesiana)
40	Renn, Areal, Raue, Aisenberg, Friedman & Popovic (2020)	U	SAA	X				E	X	ITS - Intelligent Tutorial System
41	Sokol, Bronin, Karnaukh, & Bilov (2020)	E	SAA		X	X	X	L	X	Algoritmo de búsqueda
42	Tabares, Duque & Fabregat (2020)	H	MAA		X	X		E	X	VARK y FSLSM
43	Troussasa, Krouskaa & Sgouropouloub (2020)	E	SAA		X		X	E	X	Generador de consejos dinámicos (DAG)
44	Wang, Christensen & Cui (2021)	U	SAA			X	X	E	X	Squirrel Ai Learning™
45	Lwande, Muchemi, & Oboko (2021)	F	SAA	X	X	X		E	X	Estimación del comportamiento por patrones
46	Rasheed & Wahid (2021)	A	SAA		X	X		E	X	IA - Árboles de decisión, SVM, Regresión Logística y FSLSM
47	Ríos-Rodríguez, Román-Cao y Pérez-Medinilla (2021)	H	SAA		X		X	E	X	Sistema multiagente APA Prolog ©
48	Véliz, A., Madrigal, O., Correa, V. (2021)	H	SAA				X	E	X	IA - Aprendizaje por refuerzo, retroalimentación y optimización
49	Yu, J. et al. (2021)	A	SAA		X		X	E	X	IA – Redes neuronales
50	Zhikharev, A., Deeney, A., Igrunova, S., Klyuchnikov. D. & Frolova, A. (2021)	E	SAA		X		X	E	X	IA – Redes neuronales

Nota. Origen (O): Asia (A), Brasil (B), Europa excepto España (E), África (F), Hispanoamérica (H), Estados Unidos (U); Propuesta de Sistema o Modelo (Prop), Habilidades cognitivas (HC), Competencias de Aprendizaje (CA), Estilos de Aprendizaje (EA), Sistema de Gestión del Aprendizaje (LMS), Objeto de Aprendizaje (OA), Contexto escolar o laboral (E/L), Módulo de Aprendiz (MAP), Módulo de Dominio (MDOM), Módulo de Adaptación (MAD), Técnica de adaptabilidad (TA), elaboración propia (2022).

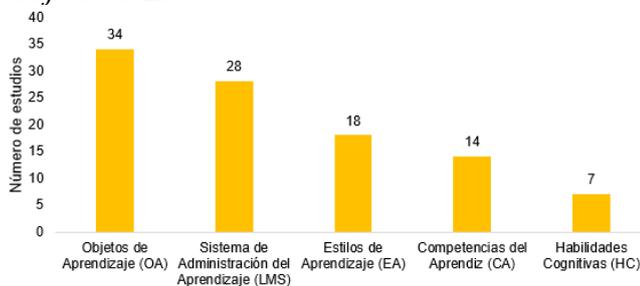
En lo que refiere a la dimensión Objeto de Estudio, para cada uno de los indicadores se encontraron los siguientes hallazgos: a) en cuanto al tipo de propuesta de los 50 estudios analizados, 31 correspondieron a sistemas de aprendizaje adaptativo, 16 a modelos de aprendizaje adaptativo, 2 a sistemas de aprendizaje personalizado y 1 a un modelo de aprendizaje personalizado (Figura 4); b) para la construcción de su objeto de estudio, 34 trabajos consideraron el estudio de los objetos de aprendizaje, 28 tomaron en cuenta un LMS, 18 se enfocaron en el estudio de los estilos de aprendizaje, mientras que 14 consideraron estudiar las competencias del aprendiz y 7 las habilidades cognitivas (Figura 5); c) en cuanto al contexto al que se aplicaron los modelos o sistemas propuestos, 45 se enfocaron a un ambiente escolar y 5 a un ambiente laboral (Figura 6).

Figura 4
Distribución de Trabajos por Tipo de Propuesta



Nota. Dimensión “Objeto de Estudio”, Modelo de Sistema Adaptativo (MAA), Modelo de Aprendizaje Personalizado (MAP), Sistema de Aprendizaje Adaptativo (SAA) o Sistema de Aprendizaje Personalizado (SAP), elaboración propia (2022).

Figura 5
Estrategias Utilizadas en la Construcción del Objeto de Estudio



Nota. Dimensión “Objeto de Estudio”, distribución de los trabajos analizados con base en el objeto de estudio, elaboración propia (2022).

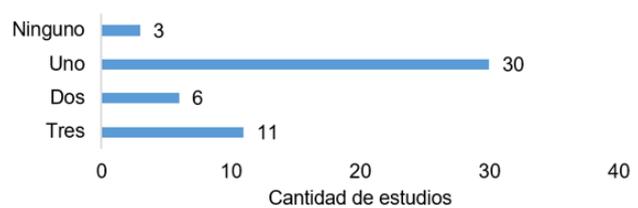
Figura 6
Distribución de Estudios de acuerdo con el Contexto de la Investigación



Nota. Dimensión “Objeto de Estudio”. Los contextos en los que se llevaron a cabo los estudios analizados se clasifican en Escolar (E) y Laboral (L), elaboración propia (2022).

Para la dimensión “Estructura”, en cuanto a los módulos (tratándose de un sistema) o submodelos (tratándose de un modelo) MA, MDOM y MAD, los resultados fueron los siguientes: a) 30 estudios consideraron un solo componente, de los cuales 7 se enfocaron únicamente en MA, 12 exclusivamente en MDOM, mientras que 11 solo en MAD; b) seis estudios consideraron dos componentes, 1 MDOM y MAD, 2 MA y MAD, y 3 MA y MDOM; y por último c) 11 estudios consideraron los tres componentes mientras que 3 no utilizaron ninguno (Figuras 7 y Figura 8). Cabe señalar que los Modelos y Sistemas de Aprendizaje Personalizado no disponen de un Módulo de Adaptabilidad.

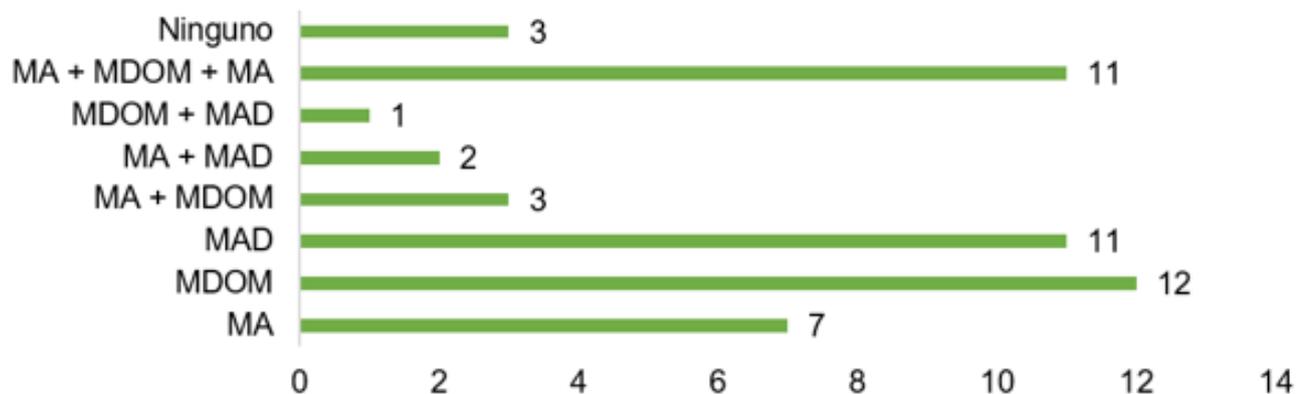
Figura 7
Número de Trabajos Revisados de acuerdo con la Cantidad de Módulos o Submodelos Empleados



Nota. Dimensión “Estructura”. Distribución de los trabajos revisados con respecto al número de componentes de estructura considerados, elaboración propia (2022).

Figura 8

Número de submodelos (MAA/MAP) o módulos (SAA/SAP) empleados en los trabajos revisados



Nota. Dimensión “Estructura”. Distribución de los trabajos revisados con base en la estructura considerada en sus propuestas, elaboración propia (2022).

En cuanto a las técnicas de adaptabilidad empleadas, en el conjunto de estudios analizados las más utilizadas fueron las técnicas de inteligencia artificial con un total de 27. En 10 ocasiones se utilizó el modelo Felder- Silverman (FSLSM) para la detección del estilo de aprendizaje, mientras que el modelo VARK se

utilizó en 5 estudios. La técnica de itinerario de aprendizaje apareció en siete trabajos, mientras que técnicas como las reglas, los objetos de aprendizaje adaptativo, la minería de datos y el uso de competencias requeridas aparecieron en dos trabajos cada una (Figura 9).

Figura 9

Técnicas de Adaptabilidad Empleadas en los Trabajos de Investigación Analizados



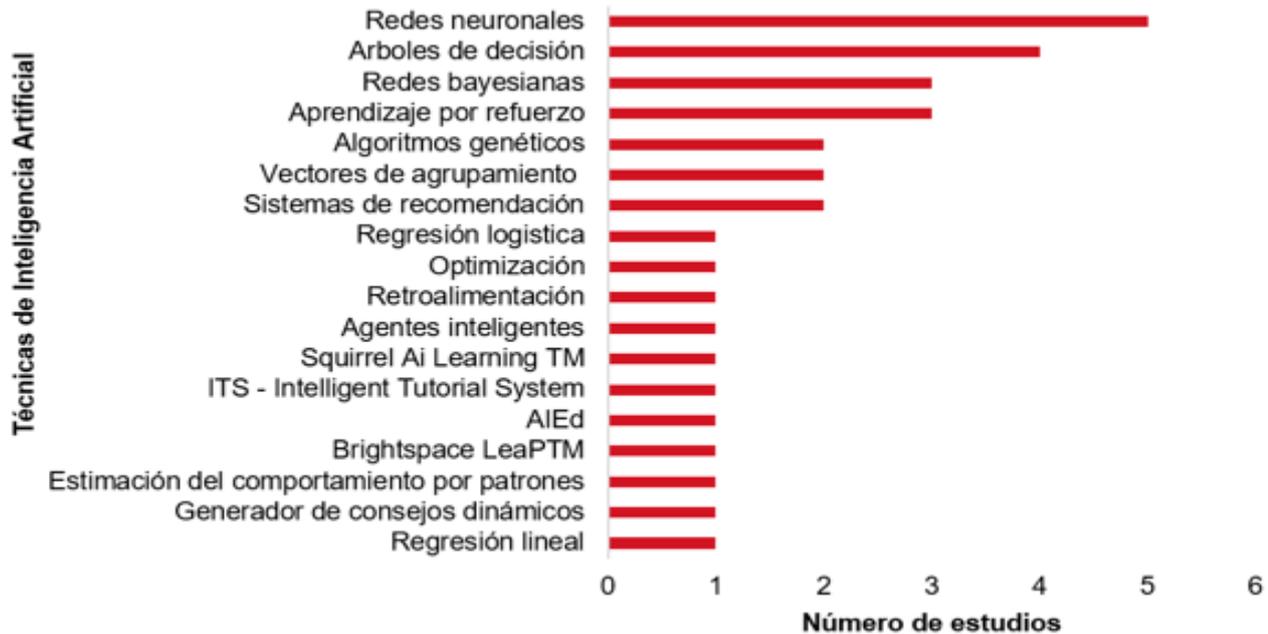
Nota. Dimensión “Estructura”. Distribución de los estudios analizados de acuerdo con las técnicas de adaptabilidad utilizadas, elaboración propia (2022).

En específico, las técnicas de inteligencia artificial mayormente empleadas fueron las redes neuronales que aparecieron en 5 trabajos, seguidas de los árboles de decisión utilizados en cuatro trabajos. En un tercer peldaño se ubicaron

el aprendizaje por refuerzo y las redes bayesianas, mismas que aparecieron cada una en tres trabajos de investigación revisados (Figura 10).

Figura 10

Técnicas de Inteligencia Artificial Empleadas en los Trabajos de Investigación Analizados



Nota. Dimensión “Estructura”. Hay estudios que aplican más una técnica de IA, elaboración propia (2022).

De acuerdo con el análisis realizado a las estructuras de los trabajos revisados, 11 de estos estudios integran en sus propuestas las estructuras más robustas al considerar los tres componentes definidos, es decir los submodelos o módulos de aprendiz, dominio y adaptación. A continuación, se describen de forma breve las estructuras utilizadas en estas propuestas:

1. Gonçalves & García (2012) proponen un Sistema e-learning adaptativo hipermedia el cual emplea un sistema de recomendación basado en contenidos e integrado por cuatro subsistemas diferentes: subsistema de gestión de objetos de aprendizaje y diseño de aprendizaje; subsistema de gestión del conocimiento; subsistema de adaptación; y subsistema de visualización y presentación. El subsistema de adaptación toma en consideración las características del estudiante por lo que en este se integra el módulo del aprendiz. Los objetos de aprendizaje son buscados y seleccionados de diferentes sitios de Internet a través de un proceso de minería de datos.

2. Ahmad et al. (2013) proponen un sistema para la detección automática de estilos de aprendizaje. Esta detección se realiza a través de un método basado en literatura que utiliza el modelo de Felder y Silverman y es el proceso principal del módulo del aprendiz. Este método identifica los estilos de aprendizaje según el comportamiento del estudiante frente al sistema LMS utilizado, el cual contiene a los objetos de aprendizaje suministrados. De acuerdo con el comportamiento del estudiante frente al LMS, es como se liberan los objetos de aprendizaje logrando de esta manera la adaptabilidad.
3. Velandia (2015) propone un Recurso Educativo Digital Adaptativo (REDA) para la mejora de las HC utilizando como método el cuestionario de estilos de Felder y Silverman, y soportado en técnicas de IA y contenidos que resultan ser técnicas que interactúan con HC. El REDA se compone por una interfaz multimedia y una base de datos apoyada en técnicas de minería de datos y sistemas de decisiones, y tres módulos: el módulo del estudiante que contiene la base de datos con información que es

- obtenida a partir del test de EA del estudiante; el módulo dominio, donde se encuentra toda la información de los contenidos que van a ser adaptados a partir del análisis de las falencias que tiene el usuario y de las mejoras alcanzadas; y el módulo pedagógico donde se define los procesos de adaptabilidad basados en técnicas de IA a partir de procesos estadísticos de minería de datos.
4. Qodad et al. (2016), proponen un sistema adaptativo basada en un modelo laboral, el cual se compone de cinco submodelos. Estos cinco componentes son: dominio, compuesto por los Objetos de Aprendizaje (OA), entendidos como materiales educativos digitales interactivos, accesibles, e incluso amenos (Carrillo et al., 2019); estudiante, basado en el conocimiento y estilo del estudiante; trabajo, representado por los elementos de la oferta laboral; instrucción que representa la pedagogía utilizada; y adaptabilidad para los OA específicos de acuerdo con cada EA. El modelo propuesto se basa en el concepto de instrucción diferenciada tomando sus elementos: el contenido, el estilo de aprendizaje, el producto (evaluación del estudiante) y el ambiente de aprendizaje; y utiliza el modelo de Felder y Silverman para la detección del estilo de aprendizaje. En el artículo no se especifica una técnica de inteligencia artificial para el submodelo de adaptación, sin embargo, de forma concluyente sugiere el uso de una Red Bayesiana en trabajos futuros que se basen en el sistema propuesto.
 5. Salazar-Ospina et al. (2017) proponen un sistema de recomendación adaptativo que utiliza el filtrado colaborativo. Dentro de su estructura se contempla un módulo con el perfil del estudiante (módulo del aprendiz) y un módulo del objeto de aprendizaje. La adaptabilidad se logra a través de diferentes agentes (usuario, interfaz, evaluador, de recomendación, para los repositorios local y remoto y el agente central o coordinador).
 6. Balasubramanian & Margret (2018) proponen un modelo para la detección de los EA, el cual se advierte como innovador y detallado, ya que no se basa en estilos de aprendizaje predefinidos como los estilos de Felder y Silverman, sino que detecta para cada sujeto de estudio su estilo de aprendizaje en particular. Otro diferenciador con respecto al resto de los trabajos estudiados es que consideran un enfoque netamente cuantitativo en cuanto a sus resultados los cuales se parcializan para cada uno de los submodelos que lo integran.
 7. Firdausiah, Yusofa & Hoirul (2019) proponen un modelo de aprendizaje personalizado basado en un algoritmo de aprendizaje profundo que realiza una analítico del comportamiento del estudiante logrando de esta manera la adaptabilidad. El modelo propuesto se integra por cuatro componentes: componente basado en competencias en donde se encuentran los objetos de aprendizaje; individualizado, en el que se tiene el modelo del aprendiz; diferenciado; y adaptativo.
 8. Hassan et al. (2019) proponen un modelo de aprendizaje adaptativo que utiliza la gamificación en un sistema e-learning detectando los estilos de aprendizaje de acuerdo con el modelo de Felder y Silverman. Se integra por cuatro submodelos: del estudiante, del estilo de aprendizaje (aprendiz), dimensión de interacción y aprendizaje (adaptación) y adaptación de comportamiento que contiene a los objetos de aprendizaje o juegos seleccionados para el estudiante.
 9. Koch et al. (2020) proponen un sistema que utiliza herramientas adaptativas de inteligencia artificial para la enseñanza del idioma inglés. El sistema se basa en una herramienta desarrollada por la empresa Pearson denominada AIEd y se integra por tres submodelos (aprendiz, dominio y pedagógico) estos tres

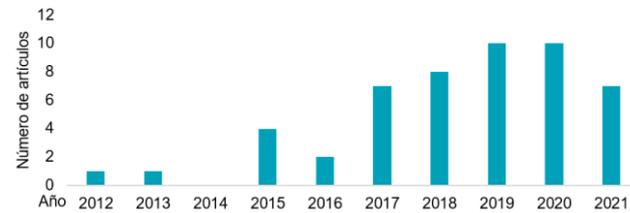
submodelos convergen e interactúan con los algoritmos de inteligencia artificial provistos por AIED.

10. Troussasa, Krouskaa & Sgouropouloub (2020), proponen un sistema de colaboración y personalización mediante técnicas de lógica difusa para el aprendizaje ludificado en la educación superior. El sistema se integra por tres módulos: evaluación del conocimiento que contiene al modelo del dominio del conocimiento (objeto de aprendizaje); el módulo ejecutor de la recomendación para la colaboración en juego grupal el cual contiene la representación vectorial de los aprendices y el generador dinámico de consejos el cual se basa en el modelo de lógica difusa que se concibe como la técnica de adaptación.
11. Ríos-Rodríguez, Román-Cao & Pérez-Medinilla (2021) realizan una intervención educativa con un sistema de aprendizaje adaptativo previamente desarrollado denominado APA-Prolog. Es sistema APA-Prolog se compone de tres módulos (denominados modelos en la investigación): estudiante, adaptación y dominio. Para lograr la adaptación utilizan cinco agentes inteligentes: 1) Adis, el cual verifica el perfil del estudiante; 2) Tivo, el cual contiene los objetos de aprendizaje sugeridos y el seguimiento del progreso del estudiante; 3) Teo, realiza decisiones sobre los objetos de aprendizaje; 4) Tica, verifica el progreso del estudiante y emite recomendaciones y 5) Eva, se enfoca en la evaluación del estudiante.

De la muestra de estudios analizada, se observa una tendencia creciente en las investigaciones sobre el aprendizaje adaptativo. Más de la mitad de los trabajos revisados corresponden a los últimos tres años (Figura 11). Lo anterior se atribuye a la evolución y uso de las técnicas de inteligencia, lo cual se ha intensificado en los últimos años.

Figura 11

Distribución de los Trabajos Analizados por Año de Publicación



Nota. Distribución cronológica del número de estudios analizados, elaboración propia (2022).

De igual forma, los resultados muestran que el mayor número de estudios analizados optaron por el desarrollo de un sistema de aprendizaje adaptativo (31), permitiendo de esta forma aplicar una intervención en un ambiente escolar en 29 casos y en un ambiente laboral en 2 únicamente. Lo anterior, indica una amplia predominancia de sistemas de aprendizaje adaptativo en entornos académicos contra una casi nula investigación de los entornos laborales. Un caso similar se observa en las propuestas de modelos de aprendizaje adaptativo de las cuales solo 3 de 16 se enfocaron en contextos laborales.

Los resultados también develan una predominancia de estudios sobre aprendizaje adaptativo con respecto a aquellos que indagaron sobre el aprendizaje personalizado. En lo que respecta al origen la mayor parte de los estudios considerados para el estudio (21) corresponden a la región. La segunda región con mayor número de estudios considerados es Asia (11) mientras que la tercera fue Europa.

Discusión

A través del análisis de contenido y apoyado en la metodología PRISMA como directriz para la construcción de revisiones sistemáticas, es posible conocer el estado del arte de los modelos o sistemas tanto adaptativos como personalizados. Los resultados correspondientes a la dimensión “Objeto de Estudio” indican que: 1) Los estudios analizados se centraron en primera instancia en los objetos de aprendizaje, que es consecuencia del problema al que los profesionales de la educación se enfrentan hoy en día en elaborar diseños instruccionales adecuados; 2) El segundo enfoque más frecuentemente abordado está orientado a la

construcción de plataformas LMS adaptativas, en otras palabras, en ofrecer una solución integral de aprendizaje a los estudiantes.

Dado que el aprendizaje adaptativo se apoya en el uso de herramientas tecnológicas se justifica que el segundo mayor enfoque de los estudios analizados hayan sido los sistemas LMS; y 3) Se ha explorado en mayor medida el estudio de los estilos de aprendizaje en comparación con las habilidades cognitivas, aunque este último tipo de investigaciones tiene una tendencia al alza en años recientes.

En lo que refiere a la dimensión “Estructura”, se identificaron tres componentes comúnmente empleados en los modelos o sistemas propuestos: el Módulo del Aprendiz (MAP), el Módulo del Dominio (MDOM) y el Módulo de Adaptabilidad (MAD). En el MAP se obtiene y almacena toda la información necesaria del perfil del estudiante, en el MDOM se integran los objetos de aprendizaje que se entregan al estudiante y en el MAD se utilizan las diferentes técnicas de adaptabilidad que permiten la correcta asignación de los objetos de aprendizaje a los estudiantes dadas sus características.

De acuerdo con los resultados obtenidos, se observa una mayor tendencia al empleo de técnicas de inteligencia artificial para lograr la adaptabilidad de los modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo. De los trabajos analizados correspondientes a los últimos tres años, la mitad utilizan técnicas de inteligencia artificial; en los últimos dos años el 70% de los estudios revisados emplearon dichas técnicas, mientras que en el último año la totalidad de los trabajos realizado se basan en inteligencia artificial. Investigaciones similares a la desarrollada en el presente trabajo aparecen en los estudios de Afini et al (2018), Xie et al. (2019) y Zhai et al. (2021). Las discrepancias entre los trabajos mencionados y la presente investigación se exponen en las siguientes líneas.

En el trabajo de Afini et. al (2018), se identifican los perfiles individuales más comúnmente usados en el modelo del aprendiz, las técnicas aplicadas en la identificación de estos perfiles, y los problemas suscitados en el modelo de adaptación. Clasifican el modelo del aprendiz en tres tipos con base en la Taxonomía de Bloom:

cognitivo, afectivo y mixto. De acuerdo con esta clasificación, los estilos de aprendizaje caen dentro del plano cognitivo, sin embargo, ubican a las habilidades cognitivas como un enfoque mixto, siendo que las investigaciones basadas en habilidades cognitivas no necesariamente involucran a las habilidades emocionales dentro de su objeto de estudio. Por lo anterior en la presente investigación se optó por tratar de forma independiente a las habilidades cognitivas de los estilos de aprendizaje.

Xie et al. (2019) definen las diferencias entre aprendizaje adaptativo y personalizado, aunque en sus resultados no muestran una distinción entre ambos tipos de estudios; en el presente trabajo se clasifican los estudios analizados con base en las diferencias previamente descritas. Por su parte, Zhai et al. (2021) identifican cuatro tendencias en la aplicación de las técnicas de inteligencia artificial pero no exponen cuáles fueron las técnicas empleadas en los trabajos analizados, como ocurre en el caso del presente estudio.

Dentro de los puntos coincidentes que la presente investigación mantiene con respecto a los resultados expuestos en los trabajos antes mencionados están los siguientes: a) en años recientes ha habido un incremento sostenido en la cantidad de estudios sobre aprendizaje adaptativo, b) uno de los abordajes más utilizado en el modelo del aprendiz es el de los estilos de aprendizaje, c) existe una escasa investigación sobre las habilidades cognitivas en su relación con el aprendizaje adaptativo, d) el uso de las técnicas de inteligencia artificial en los modelos y sistemas de aprendizaje adaptativo es muy frecuente y se observa en claro crecimiento, e) la distribución de la técnicas de inteligencia artificial empleadas es casi uniforme lo que hace difícil establecer un patrón de predominancia; no obstante, existe una tendencia emergente a un mayor uso de las redes neuronales y el aprendizaje por refuerzo.

Cabe señalar que, durante el proceso de búsqueda en los diferentes motores y bases de datos científicas, no se encontró ningún trabajo de revisión sobre modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo generados en Hispanoamérica; los

trabajos de revisión encontrados se originaron en el sureste asiático. Lo anterior se debe a la escasa investigación que existe en la región hispana sobre esta temática. De los 50 trabajos analizados 16 se crearon en esta región, de los cuales 14 abordan problemáticas en torno al aprendizaje adaptativo y 2 sobre aprendizaje personalizado.

Dentro de las limitaciones que enfrentó la investigación están el acceder a trabajos no gratuitos y de alto costo, así como a estudios con acceso restringido. Por otro lado, la mayor parte de los estudios considerados para el análisis tiene su origen en Hispanoamérica, debido a que se priorizó la búsqueda y recuperación de trabajos originados en esta región. Sin embargo, cabe señalar que, dada su exigüidad, el ubicar e integrar trabajos elaborados en la región de Hispanoamérica que cumplieran con los criterios de inclusión se tradujo en una tarea laboriosa.

Otra de las dificultades que se tuvo durante el desarrollo de la investigación fue identificar el tipo de técnica de adaptabilidad, dada la amplia variedad de herramientas de IA disponibles en la actualidad. Los resultados alcanzados en la presente investigación abren la pauta para que trabajos futuros enfoquen en mayor medida al estudio de las habilidades cognitivas y competencias del estudiante que en los modelos clásicos de estilos de aprendizaje, en los que ya se define un conjunto delimitado dentro del cual se categoriza al sujeto de estudio.

Lo anterior permite establecer nuevos paradigmas que consideren: a) estilos de aprendizaje mixtos y difusos con el apoyo de herramientas de Inteligencia Artificial de agrupamiento difuso (*fuzzy clustering*) como el algoritmo Fuzzy C-Means; b) el seguimiento del progreso cognitivo del estudiante a través de estudio individualizado de los estilos de aprendizaje y el desarrollo de las habilidades cognitivas apoyado en tutores-agentes como los utilizados en el aprendizaje por refuerzo; y c) el uso de sistemas de recomendación para asignar los objetos de aprendizaje de mayor influencia en el aprendizaje del estudiante.

Conclusiones

La presente investigación contribuyó en la construcción del estado del arte de los Modelos y Sistemas de Aprendizaje Adaptativo y

Aprendizaje Personalizado para un periodo de tiempo comprendido entre los años 2012 y 2022 tomando en consideración a los autores de origen hispanoamericano. Como producto del análisis desarrollado en la investigación, se observó que los modelos o sistemas de aprendizaje adaptativo para la solución de problemáticas educativas ha generado beneficios a las instituciones en donde se ha llevado a cabo su implementación, ya que los estudiantes tienen acceso a una modalidad de enseñanza que permite la entrega dinámica de los recursos de aprendizaje con los que mejor se desempeñan.

Además, la incorporación de técnicas de Inteligencia Artificial en el diseño de estos modelos ha permitido al aprendiz contar con cierto grado de autonomía y acceder a esquemas de autoaprendizaje, e incluso de autoevaluación. Por otra parte, el estudio devela una baja producción de propuestas de modelos y sistemas de aprendizaje adaptativo en la región hispanoamericana, dadas las razones expuestas en la discusión de los resultados, por lo que se infiere que este tipo de tecnologías educativas se aplican en menor medida a los estudiantes de la región.

Dentro de los campos poco explorados o nichos de investigación sobre aprendizaje adaptativo aplicado a la Educación en lo que refiere al objeto de estudio, se encuentra el campo laboral; en tanto que la aplicación de la lógica difusa para lograr la adaptabilidad de los Modelos de Aprendizaje Adaptativo también se advierte como una técnica poco empleada que puede ser ampliamente explotada en investigaciones que consideren que los individuos tienen un cierto grado de pertenencia a uno o varios estilos de aprendizaje.

Se propone entonces, que las problemáticas de aprendizaje que enfrentan los investigadores y académicos, sobre todo aquellas que tienen origen en la región hispanoamericana, sean abordadas en la medida de lo posible desde el enfoque del aprendizaje adaptativo. Además, se sugiere que estas futuras investigaciones: a) propongan mejoras a las técnicas de adaptabilidad que ya han sido empleadas en trabajos previos, o bien, introduzcan una nueva técnica que resulte innovadora; b) tomen en consideración para el diseño de la estructura del modelo propuesto, un esquema similar al del modelo MAP-MDOM-

MAD dados sus resultados positivos; y c) utilicen el enfoque orientado a las habilidades cognitivas y los estilos de aprendizaje, lo cual permite generar un modelo del perfil del estudiante más cercano a la realidad.

Referencias

- Afini N., Shuib L., Md Nasir H.N., Bimba A., Idris N. & Balakrishnan V. (2018). Identification of personal traits in adaptive learning environment: Systematic literature review, *Computers & Education*. 130. 168-190. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.11.005>
- Ahmad, N., Tasirb, Z., Kasimc, J., & Sahata, H. (2013). Automatic Detection of Learning Styles in Learning Management Systems. *Procedia - Social and Behavioral Science*, 103, 181 – 189. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.324>
- Alvarado, Y., Beltrán, M., Escobar, M., Espinosa, J., Gamboa, F., Gamboa, C., & Martínez, L. (2013). *Estado del arte sobre el concepto de trabajo cooperativo en el marco del desarrollo de habilidades de lenguaje con proyección social*. [Tesis de Especialidad, Universidad de San Buenaventura]. Repositorio de la Universidad de San Buenaventura, Colombia. <http://bibliotecadigital.usb.edu.co/handle/10819/3224>
- Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M., & Miranda-Navales, M. (2016). El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Alergia Mex*. 63(2), 201-206. <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf>
- Balasubramanian, V., & Margret, S. (2018). Learning style detection based on cognitive skills to support adaptive learning environment – A reinforcement approach. *Ain Shams Engineering Journal*, 9, 895-907. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2016.04.012>
- Battou, A. (2017). Designing an Adaptive Learning System Based on a Balanced Combination of Agile Learner Design and Learner Centered Approach. *American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS)* 37(1), 178-186. https://www.asrjetsjournal.org/index.php/American_Scientific_Journal/article/view/3519/1292
- Brateanu, A. Strang, T., Garber, A., Mani, S., Spencer, A., Spevak, B., Thomascik, J., Mehta, N., & Colbert, C. (2019). Using an Adaptive, Self-Directed Web-Based Learning Module to Enhance Residents' Medical Knowledge Prior to a New Clinical Rotation. *Medical Science Educator*, 29, 779–786. <https://doi.org/10.1007/s40670-019-00772-8>
- Chávez, A. (2019). Uso de la tecnología en el aprendizaje adaptativo: propuesta para favorecer la resolución de problemas matemáticos en primaria. *Educando para educar*. 20(37) 71-89. <https://beceneslp.edu.mx/ojs2/index.php/epe/article/view/50>
- Duque-Méndez, N., Ovalle-Cerranza, D. & Carrillo-Ramos, A. (2020). Sistema basado en reglas para la generación personalizada de curso virtual. *Tecnológicas*. 23(47), 229-242. DOI: <https://doi.org/10.22430/22565337.1494>
- El Asame, M., Wakrim, M., & Battou, A. (2018). An Improved Competency Meta-model for Adaptive Learning Systems. En M. Ben Ahmed and A. A. Boudhir (Eds.). *Springer International Publishing AG*. 37, 411–419. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74500-8_38
- Fernández, L., Ramírez, J. & Blanco, A. (2017). Uso de la Adaptabilidad en el aprendizaje de la Expresión Gráfica. *IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad (CINAIC 2017)*. 515-519. http://doi.org/10.26754/CINAIC.2017.000001_108
- Firdausiah, A., Yusofa, N., & Hoirul, A. (2019). Personalized Learning Model based on Deep Learning Algorithm for Student Behaviour Analytic. *Procedia Computer Science*, 163, 125–133. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2019.12.094>
- Gómez, M., Galeano, C., & Jaramillo, D. (2015). El estado del arte: una metodología de investigación. *Revista Colombiana de Ciencias Sociales*, 6(2), 423-442. <https://www.redalyc.org/pdf/4978/497856275012.pdf>
- Gonçalves, H., & García, F. (2012). *Adaptive Hypermedia Knowledge Management eLearning System (AHKME) – Management and Adaptation of Learning Objects and Learning Design in a Web-Based Information System Towards the Third Generation of Web* [Tesis de Doctorado, Universidad de Salamanca]. Repositorio de GRIAL. <https://repositorio.grial.eu/handle/grial/186>
- González, J. L. (2020). Técnicas e instrumentos de investigación científica. CONCYTEC. <http://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2238>
- González, M., Benchoff, D., Huapaya, C., & Remon, C. (2017). Aprendizaje Adaptativo: Un Caso de Evaluación Personalizada. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología*. 65-72. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6068136>
- González, M., Becerra, J., & Olmos, J. (2018). Promoción de la autogestión a través de objetos de aprendizaje adaptativos en alumnos de educación superior. *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, (63), 15-28. <https://doi.org/10.21556/edutec.2018.63.1037>
- Guevara, C., & Aguilar, J. (2019). Caracterización Semántica de Objetos de Aprendizaje Adaptativos mediante una Ontología de Tareas. *Revista Ciencia e Ingeniería*. 40 (2), 195-208. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507567825010/html/>
- Guevara, C., & Aguilar, J. (2019). Modelo Ontológico del Estándar LOM Extendido para la Gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos En Avances y retos de la ciencia e ingeniería. <https://www.researchgate.net/publication/336019607>
- Hassan, M., Habiba, U., Majeed, F., & Shoaib, M. (2019). Adaptive gamification in e-learning based on students' learning styles. *Interactive Learning Environments*. 29(4), 545-565. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1588745>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Editorial Mc Graw Hill Education, ISBN: 978-1-4562-6096.

- Hünicken, L., González, A., Haag, M., & Ruppel, D. (2020). Gamificación y aprendizaje adaptativo en la universidad. En M. R. De Gusti. (Ed.). *Actas I Congreso Internacional de Ingeniería Aplicada a la Innovación y Educación y Asamblea General de ISTE 2019*. Repositorio institucional de la UNLP.
- Jiménez, I., Fernández, O. E., & Almenárez, F. T. (2020). Diseño pedagógico adaptativo para el desarrollo de MOOC: una estrategia para el desarrollo de competencias en contextos corporativos. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 22 (16), 1-18. <https://doi.org/10.24320/redie.2020.22.e16.2192>
- Kellman, P., & Krasne, S. (2018). Accelerating expertise: Perceptual and adaptive learning technology in medical learning. *Medical Teacher*, 40 (8), 797-802. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1484897>
- Koch, H., De Azevedo, A., Sebastiany, M., & Cortina, A. (2020). Artificial intelligence adaptive learning tools: the teaching of English in focus. *Brazilian English Language Teaching Journal*, 11(2), 1-19. <http://dx.doi.org/10.15448/2178-3640.2020.2.38749>
- Koshova, S. (2020). Specifics of adaptive learning in the field of public governance. *Public Administration Aspects*, 8(4), 107-117. <https://doi.org/10.15421/152085>
- Krechetov, I., & Romanenko, V. (2020). Implementing the Adaptive Learning Techniques. *Voprosy obrazovaniya / Educational Studies Moscow*, 2, 252-277. <https://vo.hse.ru/data/2020/06/17/1607977770/Krechetov.pdf>
- Kuniyoshi, K., & Kurahashi, S. (2020). Simulation of learning effects of adaptive learning. *Procedia Computer Science*, 176, 2164-2172. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.09.253>
- Leris, D., Veá, F., & Velamazán, A. (2015). Aprendizaje adaptativo en Moodle: tres casos prácticos. *EKS*, 16(4) 138-157. <http://dx.doi.org/10.1109/FINTDI.2011.5945972>
- Lopera, J., Ramírez, C., Zuluaga, M., & Ortiz, J. (2010). El método analítico como método natural. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*, 25 (1). <https://revistas.ucm.es/index.php/NOMA/article/view/NO-MA1010140327A/25986>
- Liu, M., McKelroy, E., Corliss, S., & Carrigan, J. (2017). Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning. *Education Tech Research Dev*, 65, 1605-1625. <http://doi.org/10.1007/s11423-017-9542-1>
- Lwande, C., Muchemi, L., & Oboko, R. (2021). Identifying learning styles and cognitive traits in a learning management system. *Heliyon*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07701>
- May, H. (2016). Integrating learning styles and adaptive e-learning system: Current developments, problems and opportunities. *Computers in Human Behavior*, 55, 1185-1193. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.02.014>
- Mira-Giménez, M. (2017). COMALAT: Aprendizaje de idiomas adaptativo y móvil. *Cultura y Educación*, 29 (4), 863-870. <https://doi.org/10.1080/11356405.2017.1370820>
- Otero, A., Rivera, W., Pedraza, C., & Canay, J. (2019). TIC para la educación: sistema adaptativo basado en mecanismos de aprendizaje automático para la apropiación de tecnologías en estudiantes de educación media. *Telos*, 21(3), 526-543. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=99360575003>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Int. J. Morphol.*, 35(1), 227-232. http://www.intjmorphol.com/wp-content/uploads/2017/04/art_37_351.pdf
- Page, M., McKenzie, J., Bossuyt, P., Boutron, I., Hoffmann, T., Mulrow, C., Shamseer, L., Tetzlaff, J., Akl, E., Brennan, S., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J., Hróbjartsson, A., Lalu, M., Li, T., Loder, E., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ..., & Moher, D. (2021). Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*, 74 (2), 790-799. <https://www.revespcardiol.org/es-declaracion-prisma-2020-una-guia-articulo-S0300893221002748>
- Peña, N., González, C., & Mendoza, M. (2015). Diagnóstico de estilos de aprendizaje para favorecer la personalización de materiales educativos mediante redes bayesianas: servicios web para Moodle. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, 46, 4-20. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=194242285002>
- Qodad, A., Seghroucheni, Y., Al Achhab, M., El Yadari, M., El Kenz, A., & Benyoussef, A. (2016). An Adaptive Learning System based on a Job Model, the Differentiated Instruction and Felder and Silverman's Learning Styles Model. *4th IEEE International Colloquium on Information Science and Technology*. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CIST.2016.7805100>
- Ramos, C. (2015). Los paradigmas de la Investigación Científica. *Av. psicol.*, 23(1), 9-17. http://www.unife.edu.pe/publicaciones/revistas/psicologia/2015_1/Carlos_Ramos.pdf
- Rasheed, F., & Wahid, A. (2021). Learning style detection in E-learning systems using machine learning techniques. *Expert Systems With Applications*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.114774>
- Real-Fernández, A., Molina-Carmona, R., & Llorens-Largo, F. (2017). Aprendizaje adaptativo basado en competencias y actividades. *IV Congreso Internacional sobre Aprendizaje, Innovación y Competitividad*. Universidad de Zaragoza. https://doi.org/10.26754/CINAIC.2017.000001_017
- Renn, B., Arean, P., Raue, P., Aisenberg, E., Friedman, E., & Popovic, Z. (2020). Modernizing Training in Psychotherapy Competencies With Adaptive Learning Systems: Proof of Concept. *Research on Social Work Practice*. <https://doi.org/10.1177/2F1049731520964854>
- Ríos-Rodríguez, L., Román-Cao, E., & Pérez-Medinilla, Y. (2021). La dirección del trabajo independiente mediante el ambiente de enseñanza-aprendizaje adaptativo APA-Prolog. *Revista Electrónica Educare*, 25(1), 1-22. <http://doi.org/10.15359/ree.25-1.11>
- Roque-Alayón, Y., Sánchez-Díaz, A., & López-Padrón, A. (2015). Entorno de Aprendizaje Personalizado (PLE) para la asignatura de Investigación de Operaciones en Ingeniería Agrícola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 25(1). <https://www.redalyc.org/journal/932/93242698010>

- Rothman, D. (2018). *Artificial Intelligence by example*. Packt Publishing.
- Sabita, R. (2021). Everything you need to know about Machine Learning. *Analytics Vidhya*. <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/03/everything-you-need-to-know-about-machine-learning/>
- Salazar-Ospina, O., Rodríguez-Marín, P., Ovalle-Carranza, D., & Duque-Méndez, N. (2017). Interfaces adaptativas personalizadas para brindar recomendaciones en repositorios de objetos de aprendizaje. *Tecnura*, 21 (53), 107-118. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2017.3.a07>
- Serrao-Neumann, S., Cox, M., & Low, D. (2018). Bridging Adaptive Learning and Desired Natural Resource Management Outcomes: Insights from Australian Planners. *Planning Practice & Research*, 34(2), 149-167. <https://doi.org/10.1080/02697459.2018.1549188>
- Sfenrianto, S., Hartarto, Y., & Akbar, H. (2018). An Adaptive Learning System based on Knowledge Level for English Learning. *iJET*, 13(12). <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i12.8004>
- Shawky, D., & Badawi, A. (2018). A Reinforcement Learning-Based Adaptive Learning System. En A. E. Hassanién et al. (Eds.): International Conference on Advanced Machine Learning Technologies and Applications. *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-74690-6_22
- Sheeba, T., & Krishnan, R. (2019). Automatic Detection of Students Learning Style in Learning Management System. *Springer*, 45-53. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01659-3_7
- Sokol, V., Bronin, S., Karnaukh, V., & Bilov, M. (2020). Developing Adaptive Learning Management Application for Project Team in IT-Industry. *Bulletin of National Technical University "KHPI". Series: System Analysis, Control and Information Technologies*, 1(3), 97-105. <https://doi.org/10.20998/2079-0023.2020.01.17>
- Tabares-Morales, V., Duque-Méndez, N., & Fabregat-Gesa, R. (2020). Raim: framework para la inclusión adaptativa en entornos educativos para todos. *Tecnológicas*, 23(47), 179-196. <https://doi.org/10.22430/22565337.1495>
- Troussasa, C., Krouskaa, A., & Sgouropouloub, C. (2020). Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education. *Computers & Education*, 144. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103698>
- Velandia, J. (2015). *Mejoras en habilidades cognitivas con el apoyo de un recurso educativo digital adaptativa*. [Tesis de Maestría, Universidad de la Sabana]. Repositorio de la Universidad de Salamanca. <https://intellectum.unisabana.edu.co/handle/10818/22992>
- Véliz, A., Madrigal, O., & Correa, V. (2021). Aprendizaje adaptativo basado en Simuladores de Realidad Virtual. *Revista Cubana de Ciencias Informáticas*, 15(2) 138-157. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=378367420008>
- Wang, S., Christensen, C., & Cui, W. (2020). When adaptive learning is effective learning: comparison of an adaptive learning system to teacher-led instruction. *Interactive Learning Environments*, 1-11. <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1808794>
- Xie, H., Chu, H., Hwang, G., & Wang, Ch. (2019). Trends and development in technology-enhanced adaptive/personalized learning: A systematic review of journal publications from 2007 to 2017. *Computers and Education*, 140. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103599>
- Yaplea, Z., & Yu, R. (2019). Fractionating adaptive learning: A meta-analysis of the reversal learning paradigm. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 102, 85-94. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.04.006>
- Yu, J., Wang, Y., Zhong, Q., Luo, G., Mao, Y., Sun, K., Feng, W., Xu, W., Cao, S., Zeng, K., Yao, Z., Hou, L., Lin, Y., Li, P., Zhou, J., Xu, B., Li, J., Tang, J., & Sun, M. (2021). MOOCubeX: A Large Knowledge-centered Repository for Adaptive Learning in MOOCs. *CIKM '21* 4643-4652. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3459637.3482010>
- Zhai, X., Chu, X., Sing, C., Yung, M., Istenic, A., Spector, M., Liu, J., Yuan, J., & Li, Y. (2021). A Review of Artificial Intelligence (AI) in Education from 2010 to 2020. *Complexity*. <https://doi.org/10.1155/2021/8812542>
- Zhikharev, A., Deeney, A., Igrunova, S., Klyuchnikov, D., & Frolova, A. (2021). To the development of intelligent adaptive learning systems. *Journal of Physics: Conference Series* 2060. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/2060/1/012012>
- Zulfiani, Z., Suwarna, I., & Miranto, S. (2018). Science education adaptive learning system as a computer-based science learning with learning style variations. *Journal of Baltic Science Education*, 17(4), 711-727. <http://www.scientiasocialis.lt/jbse/?q=node/695>