



Impacto de los Sistemas de Tutoría Inteligente. Una revisión sistemática

Impact of Intelligent Tutoring Systems. A systematic review

 Noelia Carbonell Bernal; noelia.carbonell@unir.net
Universidad Internacional de la Rioja (España)

 M^a Ángeles Hernández Prados; mangeles@um.es;
Universidad de Murcia (España)

Resumen

La Inteligencia Artificial desarrolla herramientas eficientes en diversas esferas, incluida la educación, donde los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) tienen gran relevancia. Este estudio tiene como objetivo analizar la producción científica sobre los STI en los procesos de enseñanza-aprendizaje, utilizando los criterios PRISMA como metodología. Se emplearon las bases de datos Scopus, Web of Science y ERIC, seleccionando 20 artículos publicados entre 2013 y 2023 mediante estrategias de búsqueda y criterios de inclusión/exclusión. El análisis aborda la tendencia cronológica, país de publicación, características de la muestra, ámbito de aplicación, los STI y los resultados obtenidos. Los hallazgos destacan el impacto del COVID-19 en la producción científica, las mejoras en el rendimiento académico de los estudiantes gracias a los STI y la importancia de una coordinación interdisciplinar. Las conclusiones subrayan que los STI influyen positivamente en los procesos de enseñanza-aprendizaje al mejorar la participación y el compromiso de los estudiantes, personalizar los contenidos y apoyar la autorregulación, adaptando la dificultad a las capacidades individuales de los estudiantes.

Palabras clave: Inteligencia Artificial, Procesos de Enseñanza-Aprendizaje, Revisión Sistemática, Sistemas de Tutoría Inteligente

Abstract

Artificial Intelligence develops efficient tools in various fields, including education, where Intelligent Tutoring Systems (ITS) play a significant role. This study aims to analyze the scientific output on ITS in teaching-learning processes, using PRISMA criteria as the methodological framework. The databases Scopus, Web of Science, and ERIC were used, selecting 20 articles published between 2013 and 2023 through search strategies and inclusion/exclusion criteria. The analysis focuses on the chronological trend, country of publication, sample characteristics, application scope, ITS features, and study outcomes. The findings highlight the impact of COVID-19 on scientific output, improvements in students' academic performance through ITS use, and the importance of interdisciplinary coordination. The conclusions emphasize that ITS positively influence teaching-learning processes by enhancing student engagement and participation, personalizing content, supporting self-regulation, and adapting difficulty to individual students' abilities.

Keywords: Artificial Intelligence, Intelligent Tutoring System, Teaching Learning Processes, Systematic Review



1. INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han transformado profundamente la sociedad, afectando la forma de aprender, pensar y actuar. Los contextos educativos también se han adaptado a estas demandas, generando oportunidades e incertidumbres (Alahi et al., 2023), siendo esencial redefinir el rol docente para que sea competente digitalmente, capaz de guiar a los estudiantes, adaptarse e integrar las TIC en el aula de manera efectiva (Achard, 2020). Deben ser proactivos y reflexivos en el uso de estas tecnologías, que siguen vinculadas principalmente a la gestión de datos, calificación rápida y motivación de los estudiantes, a pesar de las amplias aplicaciones que ofrecen (Gros-Salvat y Cano-García, 2021). Esto subraya la necesidad de un enfoque más profundo y creativo en la incorporación de las TIC en la educación.

A pesar de que la competencia digital cuenta con el respaldo de instituciones como la Comisión Europea (Redecker, 2020) y la UNESCO (2019), los avances en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) siguen generando debate, especialmente entre sectores más conservadores. La llegada de la Inteligencia Artificial (IA) no ha sido la excepción, provocando un impacto revolucionario en diversos sectores sociales. A pesar de las preocupaciones éticas y sociales relacionadas con la privacidad, seguridad y justicia social, la IA ha demostrado su potencial para mejorar la eficiencia y calidad de vida en ciudades inteligentes, optimizando la gestión de tráfico, energía, residuos y seguridad pública (Alahi et al., 2023).

En el ámbito educativo, la IA está transformando los métodos pedagógicos. Herramientas como ChatGPT han alterado significativamente el panorama de la enseñanza formal (García-Peñalvo, 2023). La IA permite desarrollar sistemas adaptados a las necesidades individuales de los estudiantes, brindando retroalimentación instantánea y personalizada, además de facilitar el acceso a recursos educativos diversos. También ayuda a los educadores a procesar grandes volúmenes de información y automatizar tareas administrativas, optimizando la enseñanza (García-Peña et al., 2020; Troncoso et al., 2023). En este contexto, los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) juegan un papel clave. Surgidos en los años sesenta con el programa "Tutor", los STI han evolucionado hacia plataformas más interactivas y personalizadas, como "Algebra Tutor", "Andes Physics Tutor", y los más recientes "ALEKS" y "ASSISTments", que ofrecen tutorías adaptativas en diversas materias (Urquilla, 2022). Un ejemplo destacado es ArtiBos, un sistema de tutoría inteligente que mejora las habilidades de resolución de problemas, impulsando el pensamiento crítico y analítico de los estudiantes, permitiéndoles resolver problemas con mayor precisión y rapidez (Çetin et al., 2023).

Los Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) son plataformas diseñadas para emular la tutoría humana, ofreciendo apoyo personalizado a los estudiantes mediante orientación y retroalimentación adaptadas a sus necesidades (Mathew et al., 2021). Estos sistemas mejoran la eficiencia de la enseñanza, permitiendo que los estudiantes avancen a su ritmo y se concentren en áreas donde necesitan más ayuda (Troncoso et al., 2023; Vera, 2023). Además, superan limitaciones como la falta de recursos y ratios altos de alumnos, proporcionando un acompañamiento individualizado (Gupta y Chen, 2022). Los STI permiten crear perfiles de aprendizaje detallados mediante el seguimiento del progreso de los estudiantes (Ponce et al., 2019).

El potencial de los STI ha sido demostrado en diversas áreas educativas. Por ejemplo, Heck et al. (2022) destacan su efectividad en la enseñanza de idiomas extranjeros, donde las herramientas digitales permiten itinerarios personalizados y adaptativos en función de las necesidades del estudiante.

Sin embargo, los STI también enfrentan desafíos como la excesiva personalización, que puede reducir las interacciones sociales (Moreno, 2019), o la falta de empatía y aspectos emocionales en la tutoría, aunque se están desarrollando STI afectivos para abordar este problema (Ponce et al., 2019). Además, se plantean desafíos como la dependencia tecnológica, la falta de una base pedagógica sólida, sesgos, y resistencia al cambio (Selwin, 2020; Tirochi, 2022). La computación afectiva podría mitigar estos problemas al incorporar la detección y transmisión de estados emocionales, lo que ayudaría a fortalecer el compromiso con el aprendizaje (Carini et al., 2006; Webster, 1997).

La inteligencia artificial (IA) está influyendo en los procesos de enseñanza-aprendizaje, entendidos como interdependientes y complementarios, manteniendo una interacción dialéctica constante (Osorio et al., 2022; De la Rosa et al., 2019). Aunque el aprendizaje puede ocurrir sin enseñanza, esta solo tiene sentido si acompaña al aprendizaje (Moreira, 2004). La enseñanza es una actividad de interacción social, y el aprendizaje depende de variables como la experiencia-interacción del sujeto con su entorno sociocultural, por lo que la tecnología no debe dominar estos procesos.

Para que el aprendizaje sea eficaz, es fundamental que existan motivación, concentración, estrategias pedagógicas adecuadas y una correcta evaluación del proceso (Vera, 2023). Algunos estudios recientes van más allá de los aspectos técnicos y logros académicos, analizando factores emocionales. Ni y Cheung (2023) proponen un modelo que predice el uso de sistemas de tutoría inteligente (STI) en estudiantes secundarios chinos, destacando factores como la utilidad percibida, el disfrute y la ansiedad. Por otro lado, Cao et al. (2021) señalan que la actitud de los estudiantes hacia las plataformas de tutoría está influenciada por el impacto social, y Zuo et al. (2022) subrayan que la facilidad de uso percibida y la autoeficacia son claves para su aceptación.

Diversas revisiones han mostrado la eficacia potencial de los STI en comparación con la tutoría humana. VanLehn (2011) destaca su efectividad, mientras que Ocaña Fernández et al. (2019) indican que estos sistemas optimizan la enseñanza-aprendizaje, aunque requieren una adecuada formación docente (Martín-Marchante, 2022). González-Palacios y Avelino-Rubio (2016) señalan la necesidad de reflexionar sobre el propósito pedagógico de los STI y cómo aprovecharlos para enriquecer el aprendizaje. Investigaciones recientes, como la de Pezzini (2022), también analizan su adaptación en secundaria, y otros estudios críticos destacan la falta de familiaridad con los STI como un obstáculo, agravando problemas de autoeficacia y ansiedad que pueden reducir la satisfacción y aumentar la deserción (Cao et al., 2021; Zuo et al., 2022).

Estas investigaciones han identificado oportunidades y desafíos clave en el ámbito de la IA y la tecnología educativa. Proporcionan una base crítica para guiar enfoques que beneficien a los estudiantes y mejoren la calidad del aprendizaje, además de enriquecer la comprensión sobre su implementación efectiva reflexiva. No cabe duda, que un mayor conocimiento de la producción científica acerca de esta temática resulta útil para acallar los temores e inseguridades que aparecen reflejados en los estudios comentados anteriormente, así como facilitar la comprensión de cómo estos sistemas pueden adaptarse y beneficiar a diferentes niveles educativos, proporcionando una base sólida para la investigación actual sobre los STI y su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Concretamente, el problema de investigación que se plantea, atendiendo al método PICOT (Participantes, Intervención, Comparación, Objetivos y Tiempo) es: ¿Qué producción científica existe sobre la influencia de Sistemas de Tutoría Inteligente (I) en los procesos de aprendizaje (O) de estudiantes adolescentes (P) en el período temporal de 2013-2023 (T)? En el mismo se exponen dos núcleos principales: inteligencia artificial y procesos de aprendizaje. Atendiendo a lo expuesto, y al problema de investigación, se formula el objetivo general consistente en: analizar, siguiendo la metodología PRISMA, la producción científica existente sobre la influencia de los Sistemas de Tutoría Inteligente en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los alumnos, el cual se concreta en los siguientes objetivos específicos:

1. Explorar la evolución cronológica y el contexto geográfico de la producción científica sobre la influencia de los STI en los procesos de enseñanza-aprendizaje, centrándose en los artículos publicados entre 2013 y 2023.
2. Clasificar la investigación existente sobre la influencia de los STI en los procesos de aprendizaje en función a los aspectos metodológicos, específicamente, mediante el análisis de las muestras utilizadas en los estudios, teniendo en cuenta elementos como aspectos metodológicos del estudio, concretamente, el tamaño de la muestra, la etapa educativa y el diseño del estudio.
3. Analizar la producción científica sobre STI en el aprendizaje de los estudiantes, considerando diversos contextos de aplicación como entornos escolares, universitarios y otros ámbitos educativos analizando las fortalezas y debilidades de estos.
4. Analizar los hallazgos más pertinentes obtenidos en la investigación científica relacionada con la repercusión de las STI en los procesos de enseñanza-aprendizaje del alumnado.

Con esta revisión sistemática, se pretende aportar información sobre los Sistemas de Tutoría Inteligente y su influencia en el aprendizaje de los estudiantes, que será de utilidad para futuros desarrollos y mejoras en el ámbito educativo.

2. MÉTODO

Para identificar, evaluar e interpretar la investigación disponible en el ámbito de interés, se ha empleado el enfoque de revisión sistemática, siguiendo los lineamientos del protocolo PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), el cual establece un conjunto de criterios para garantizar la calidad y transparencia en la realización de revisiones

sistemáticas y meta-análisis (Urrútia y Bonfill, 2010), así como las fases establecidas por Ramírez y Lugo (2020).

En primer lugar, se formulan las siguientes preguntas de investigación (fase 1): ¿Cuál es la definición y funcionamiento de los Sistemas de Tutoría Inteligente? ¿Qué impacto generan los STI en los procesos de enseñanza y aprendizaje de los estudiantes? ¿Qué aspectos positivos y negativos se asocian con la incorporación de estos sistemas en la educación?, que actuarán como eje conductor de todo el proceso de investigación.

A continuación, se inicia el proceso de búsqueda (fase 2), empleando “Joven, adolescente, estudiante, inteligencia artificial, sistema de tutoría inteligente” en castellano, y “Young, teenager, student, artificial intelligence, Intelligent Tutoring System” en inglés, como descriptores de búsqueda en las siguientes bases de datos: Scopus, Web of Science y ERIC. De forma complementaria, para afinar más en la búsqueda, se han utilizado los operadores booleanos lógicos AND y OR, los booleanos de proximidad () para buscar con prioridad, "" para buscar los conceptos completos y el operador booleano de truncamiento * y encontrar conceptos en todas sus formas, quedando las frases de búsqueda de la siguiente manera: (“joven” OR “adolescente*” OR “estudiante*”) AND “Inteligencia Artificial” AND “Sistema de Tutoría Inteligente”, y (“young” OR “teenager*” OR “student*”) AND “Artificial Intelligence” AND “Intelligent tutoring system”. Finalmente, se delimita el período temporal (2013-2023) y el tipo de documento (artículo), arrojando un resultado de 1.602 artículos, de los cuales se eliminaron los repetidos quedando un total de 1302.

Luego, se establecen los criterios de inclusión y exclusión, tal y como se muestran en la tabla 1, que permitirán ajustar los documentos convenientemente al objeto de estudio (fase 3). Como consecuencia de la aplicación de estos criterios, el volumen de artículos se redujo a 118.

Tabla 1

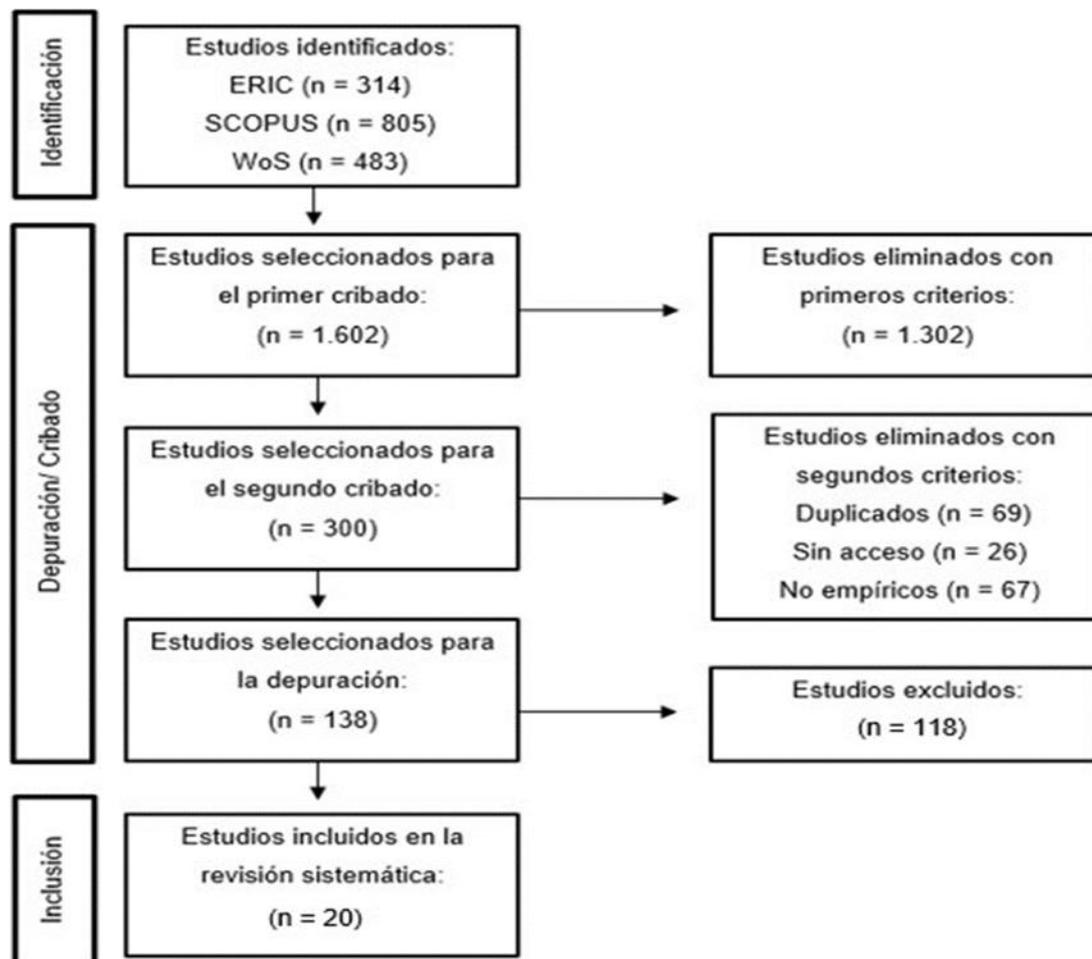
Criterios de inclusión y exclusión

<i>Criterios de inclusión</i>	<i>Criterios de exclusión</i>
Artículos publicados en revistas científicas.	Documentos que no sean artículos científicos
Investigaciones de carácter empírico.	Investigaciones que no sean de carácter empírico
Artículos con acceso al texto completo.	Textos completos no disponibles
Publicaciones comprendidas entre 2013 y 2024.	Publicaciones anteriores a 2013
Estudios de cualquier país.	Redactados en otro idioma que no sea inglés ni español
Redactados en inglés o español.	
Estudios que incluyan como muestra a estudiantes de secundaria.	

Para garantizar el ajuste a los objetivos, se procedió a la lectura de los resúmenes, y aquellos que no aportan información relevante relativo a los STI en la etapa que abarca de los 12 a los 20 años fueron descartados, reduciéndose a 54 artículos, de los cuales se seleccionaron los que incluyen en el título o en las palabras clave “Sistema tutoría inteligentes”, quedando 20 artículos.

Figura 1

Diagrama de flujo



Seguidamente, se seleccionaron los estudios pertinentes (Tabla 2) y se empezaron a extraer los datos relevantes (fase 4). Por último, realizamos la síntesis de los datos obtenidos exponiéndose en función de los objetivos de investigación, tal y como se muestra en el apartado siguiente (fase 5).

3. RESULTADOS

Atendiendo al primer objetivo, se exponen los datos bibliométricos que nos permiten conocer la tendencia de investigación sobre la temática. En lo que respecta a la cronología, no existe una tendencia claramente definida al incremento o descenso de la producción, ya que se dan grandes variaciones. Tan solo es destacable el punto máximo alcanzado en 2020, año en el que la producción científica se incrementó extremadamente a causa del confinamiento por la COVID, y al empuje tan evidente que experimentaron las TIC ante el cierre de los centros educativos, tal y como señalan Sanz y López, (2021). Este patrón podría ser congruente con la observación realizada por Alemán-Díaz. (2023) en su estudio sobre las dinámicas de publicación en áreas afines, donde también se apreciaron fluctuaciones en la producción científica en

relación con eventos de relevancia global, como la pandemia. Aunque es preciso señalar que esta variabilidad podría atribuirse al alcance limitado de la muestra analizada.

Otro de los aspectos contemplados, el país de publicación, evidencia que Estados Unidos se muestra altamente interesado en esta temática, ya que publicó un total de siete artículos, la cifra más alta alcanzada, seguido muy de lejos por España quien editó tres de los 20 artículos muestrales. También es relevante destacar la notoria manifestación de producción científica en naciones de América Latina, específicamente Brasil, así como en naciones del sudeste asiático, tales como Indonesia y Malasia. Estas manifestaciones podrían indicar un signo prometedor de la democratización de las aplicaciones de Ciencia, Tecnología e Innovación en el contexto de promover la equidad en el acceso a la educación. No obstante, es imperativo señalar la omisión de publicaciones en el contexto africano, lo cual podría servir como un indicador tangible de la disparidad digital que prevalece en la actualidad, así como la carencia de recursos e infraestructura que obstaculizan la realización de investigaciones y proyectos en el ámbito de las STI (Castillo et al, 2021, Rodríguez-Málaga et al, 2019).

El segundo objetivo se centra en los aspectos metodológicos del estudio, concretamente, en el tamaño de la muestra, la etapa educativa y el diseño del estudio (diseño experimental, cuasi-experimental). Se debe considerar, en primer lugar, la relación intrínseca que mantiene el tamaño de la muestra con la calidad de los resultados y la capacidad de generalización y extrapolación de las conclusiones a la población general (Vanh Lehn et al., 2023), por lo que, según Johnson y Christensen (2019), si el tamaño de la muestra es adecuado mejora la representatividad de la población estudiada, la robustez y aplicabilidad de las conclusiones, y, por ende, la validez externa de los hallazgos, contribuyendo así a un proceso investigativo más sólido y confiable.

Al examinar los datos recopilados, plasmados en la Tabla 2, se constata en primer lugar, que se han recogido valores que oscilan entre 52 y 537 participantes en los estudios. Esta disparidad se debe a la variedad de estudios, siendo menor la muestra en evaluaciones de intervenciones educativas con STI, tal y como se comprueba en la experiencia educativa reflejada en los diferentes estudios revisados. Por ejemplo, en la intervención pre-post para evaluar cómo la implementación de STI afectó el aprendizaje de Arroyo (2014), participaron un total de 94 estudiantes de secundaria. Sin embargo, con una finalidad similar, Grivokostopoulou et al. (2021) contó con la participación de un total de 396 estudiantes de secundaria. La diferencia se explica por varias casuísticas como las peculiaridades de aplicabilidad en diferentes contextos educativos, de disponibilidad de participantes y de preguntas de investigación propias.

Los estudios sobre Sistemas Tutoriales Inteligentes (STI) muestran una variabilidad en el tamaño de las muestras y los enfoques metodológicos, influyendo en la generalización de los resultados. Investigaciones como la de VanLehn et al. (2020) y Grivokostopoulou et al. (2021) usaron muestras grandes de 537 y 522 participantes, respectivamente, lo que aporta robustez a los resultados. Otros estudios, como los de Subirats et al. (2021) y VanLehn et al. (2016), emplearon muestras menores (52 y 55 participantes), ofreciendo una visión más detallada del aprendizaje pero limitando la generalización de los hallazgos. Además, estudios como Ramos de Melo et al. (2014) y VanLehn et al. (2023) proporcionan información valiosa sobre cómo los STI afectan la motivación y el aprendizaje, aunque la falta de detalles sobre el tamaño de las muestras puede complicar la evaluación de la validez externa de los resultados.

La Tabla 2 clasifica los estudios según la etapa educativa y el diseño de investigación. Los artículos analizados se centran mayoritariamente en la educación secundaria (55%) y universitaria (45%), con una notable ausencia de estudios en educación Infantil y Primaria. Este sesgo hacia la educación superior podría reflejar una mayor disponibilidad de recursos tecnológicos y su impacto en la formación universitaria. Sin embargo, esto sugiere también la necesidad de adaptar y evaluar los STI en niveles educativos inferiores.

La mayoría de los estudios en secundaria utilizan diseños pre-post para evaluar la eficacia de los STI en la mejora del rendimiento académico. Algunos emplean grupos de control (McCarthy et al., 2018) o diseños de discontinuidad de regresión (VanLehn et al., 2020). Los resultados indican que los STI tienen un impacto positivo en el rendimiento académico, con un 68.3% de los estudios mostrando mayor participación y compromiso de los estudiantes. Factores como la personalización del contenido y el apoyo en la autorregulación contribuyen a estos resultados positivos.

En el ámbito universitario, los STI también demuestran beneficios significativos, como la mejora en el rendimiento y el aumento del compromiso estudiantil (Grivokostopoulou et al., 2021; Subirats et al., 2021). La personalización y la atención individualizada son cruciales, dadas las diversas necesidades de los estudiantes universitarios (Eryilmaz & Adabashi, 2020). Los estudios muestran que la implementación de STI en contextos universitarios puede mejorar el rendimiento académico y el compromiso de los estudiantes.

La mayoría de los estudios utilizan enfoques experimentales (60%) y cuasi-experimentales (40%). Los diseños experimentales comparan grupos con y sin STI (Rahim et al., 2020), mientras que los diseños pre-post evalúan cambios dentro de un mismo grupo antes y después de la intervención (Arroyo et al., 2014). Algunos estudios incluyen más de dos grupos para comparar diferentes versiones del STI o herramientas digitales (Ramos de Melo et al., 2014; Weston-Sementelli et al., 2016). Los estudios universitarios utilizan tanto enfoques experimentales controlados (Subirats et al., 2021) como metodologías avanzadas como el diseño de discontinuidad de regresión (VanLehn et al., 2020), proporcionando una comprensión completa del impacto de los STI en diferentes contextos educativos.

En conclusión, la investigación analizada revela una amplia gama de enfoques metodológicos utilizados para examinar la influencia de los Sistemas de Tutoría Inteligente en los procesos de enseñanza-aprendizaje. Estos enfoques permiten una comprensión más profunda de los resultados en distintos contextos educativos y contribuyen significativamente a la evolución del campo al brindar perspectivas diversas sobre la efectividad y aplicabilidad de estos sistemas.

Tabla 2

Etapa educativa y tipo de diseño de los estudios

Artículo	N	Etapa	Diseño	Artículo	N	Etapa	Diseño
1.Arroyo (2014)	94	Secundaria	Pre post	11. Frontino de Medeiros et al. (2020)	100	Secundaria	Experimental
2.Ramos de Melo et al. (2014)	NA	Secundaria	Pre post	12.Eryilmaz & Adabashi (2020)	105	Secundaria	Experimental
3.Wolfe et al. (2014)	410	Universidad	Pre post	13.De Chiusole et al. (2020)	76	Secundaria	Experimental
4.Guerrero-Roldán et al. (2016)	400	Un iversidad	Experiment al	14.Gunawan et al. (2020)	152	Secundaria	Experimental
5.eBahçeci & Gürol (2016)	162	Secundaria	pretest-posttest control group	15.Eryilmaz & Adabashi (2020)	136	Un iversidad	Experimental
6.VanLehn et al. (2016)	55	secundaria	Experiment al	16.Furlan et al. (2021)	103	Un iversidad	Experimental
7.McCarthy et al. (2018)	234	Secundaria	pretest-posttest control group	17.Grivokostopou lou et al. (2021)	522	Un iversidad	Experimental
8.Weston Sementelli et al. (2018)	175	Secundaria	Experiment al	18.Grivokostopou lou et al. (2021)	396	Secundaria	Experimento de campo
9. VanLehn et al. (2020)	537	Secundaria	regression discontinuit y design	19.Subirats et al. (2021)	52	Un iversidad	Experimental
10. Tacoma et al. (2020)	151	Secundaria	pretest-posttest control group	20.VanLehn et al. (2023)	151	Secundaria	Experimental

En cuanto a la aplicabilidad de los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI), se ha considerado su integración en materias curriculares y las características de las herramientas empleadas. La mayoría de los artículos analizados han implementado los STI en materias relacionadas con Informática (100%), como Ingeniería, Computación e Inteligencia Artificial. También se ha subrayado su relevancia en Matemáticas (40%) y Ciencias, como Biología, Física y Biotecnología, así como en Comprensión Lectora, Economía y Medicina, aunque solo

representaron un 10% cada una. No se han encontrado experiencias en disciplinas más sociales y humanísticas, al menos en los estudios analizados, lo que refleja una limitación en su aplicación.

Independientemente de la materia, la unicidad observada en su implementación podría indicar una resistencia al cambio en la comunidad docente, a pesar de las ventajas de estas tecnologías. Factores como la falta de familiaridad con las nuevas herramientas, la percepción de complejidad en su implementación y la tradición educativa más convencional podrían influir en esta reticencia.

Además, la Tabla 3 destaca la diversidad de herramientas STI disponibles, con un total de 20 sistemas registrados, cada uno configurado para contextos particulares. Estas herramientas se caracterizan por su capacidad de personalización, presentación multinivel de contenidos, retroalimentación constante y evaluación del desempeño. Su adaptabilidad y flexibilidad permiten enriquecer los procesos de enseñanza-aprendizaje en diversos entornos educativos, promoviendo la innovación en la educación mediante tecnología inteligente.

Tabla 3

Herramientas Utilizadas en los Sistemas de Tutoría Inteligente

Artículo	Herramientas Utilizadas
Arroyo et al. (2014)	Multimedia Adaptativo, Cognición, Metacognición, Emoción. Emplearon una combinación de herramientas que abordaron aspectos cognitivos y emocionales, utilizando contenido multimedia adaptativo para promover una comprensión profunda y estrategias metacognitivas para mejorar la autorregulación del aprendizaje.
Ramos de Melo et al.(2014)	Organización Computacional, Aprendizaje Personalizado Se centraron en la personalización de la experiencia de aprendizaje, adaptando la tutoría y las actividades según las necesidades individuales de los estudiantes.
Wolfe et al. (2014)	Sistema de Tutoría Web, Teoría de Trazo Difuso Utilizaron un sistema de tutoría web y la teoría del trazo difuso para comunicar el riesgo genético de cáncer, buscando mejorar la comprensión del riesgo a través de la web.
Guerrero-Roldán et al. (2016)	Sistema Educativo, Algoritmos de Búsqueda Utilizaron un sistema educativo centrado en el aprendizaje de algoritmos de búsqueda, brindando una oportunidad para desarrollar habilidades en algoritmos y evaluación automática de estudiantes.
eBahçeci y Gürol (2016)	Instrucción Individualizada, Aprendizaje Personalizado Implementaron instrucción individualizada y enfoques de aprendizaje personalizado para potencialmente mejorar el rendimiento académico a través de la adaptación a las necesidades de los estudiantes.
VanLehn et al. (2016)	Dragoon (Sistema), Ciencias y Modelos Utilizaron el sistema Dragoon para el aprendizaje de ciencias a través de la construcción de modelos, con el objetivo de aumentar el aprendizaje sin requerir más tiempo dedicado.
McCarthy et al. (2018)	Funciones Metacognitivas, Retroalimentación Incluyeron funciones metacognitivas y retroalimentación en un sistema de tutoría, mejorando la reflexión sobre el proceso de aprendizaje y la autorregulación.
Weston Sementelli et al. (2018)	Estrategias de Comprensión y Escritura

Artículo	Herramientas Utilizadas
	Se enfocaron en el entrenamiento en estrategias de comprensión y escritura, mejorando las habilidades de escritura específicas.
VanLehn et al. (2020)	Construcción de Modelos Algebraicos, Tutoría Utilizaron la tutoría para la enseñanza de construcción de modelos algebraicos, con el objetivo de mejorar la habilidad de los estudiantes en esta área matemática.
Tacoma et al. (2020)	Retroalimentación Inteligente, Prueba de Hipótesis Implementaron retroalimentación inteligente en la prueba de hipótesis para mejorar la comprensión y el rendimiento en este tipo de evaluaciones.
Frontino de Medeiros et al. (2020)	Sistema de Tutoría Bayesian, Asistente Cognitivo Utilizaron un sistema de tutoría Bayesian con asistente cognitivo para mejorar la interacción a través de "small talk" y asistencia cognitiva.
Eryilmaz y Adabashi (2020)	Redes, Lógica Difusa, Mejora del Rendimiento Se centraron en el uso de redes y lógica difusa para mejorar el rendimiento estudiantil, explorando enfoques avanzados de análisis de datos.
De Chiusole et al. (2020)	Stat-Knowlab (Plataforma), Evaluación de Estadísticas Utilizaron la plataforma Stat-Knowlab para la enseñanza y evaluación de estadísticas, buscando mejorar la comprensión y dominio de este tema.
Gunawan et al. (2020)	Sistemas de Tutoría en Entornos de Aprendizaje Mixto Se centraron en sistemas de tutoría en entornos de aprendizaje mixto, explorando la mejora de los planes de lecciones en la educación de ciencias.
Rahim et al. (2020)	Medición y Predicción del Rendimiento a través de la función predictiva La función predictiva involucra el análisis de datos y el uso de algoritmos para anticipar el rendimiento futuro de los estudiantes en función de sus interacciones y desempeño previos en el sistema.
Furlan et al. (2021)	Procesamiento de Lenguaje Natural, Simulador de Paciente Virtual La función predictiva involucra el análisis de datos y el uso de algoritmos para anticipar el rendimiento futuro de los estudiantes en función de sus interacciones y desempeño previos en el sistema.
Grivokostopoulou et al. (2021)	Sistema Inteligente Adaptativo, Mejora del Rendimiento Utilizaron el procesamiento de lenguaje natural y un simulador de paciente virtual para mejorar el aprendizaje clínico mediante la simulación y la tutoría.
Subirats et al. (2021)	Inteligencia Artificial, Aprendizaje online en Pandemia Utilizaron inteligencia artificial para contrarrestar los efectos de la pandemia en el aprendizaje, adaptando enfoques de enseñanza a las circunstancias cambiantes.
VanLehn et al. (2023)	Sistema de Tutoría Basado en Pasos, Modelos Algebraicos Se centraron en la tutoría basada en pasos para la construcción de modelos algebraicos, con el objetivo de desarrollar habilidades en estudiantes con bajo rendimiento.

En el cuarto objetivo se analiza el impacto de los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) en el proceso de enseñanza-aprendizaje, evaluando tanto los efectos positivos como los desafíos asociados a su implementación. Según los datos analizados, los estudios muestran que los STI pueden tener un impacto significativo en varios aspectos educativos. Por ejemplo, Arroyo et al. (2014) destacan cómo los STI mejoran la comprensión de conceptos matemáticos al abordar aspectos cognitivos y emocionales. Ramos de Melo et al. (2014) enfocan su atención en la personalización de la experiencia educativa, lo que está relacionado con un mayor

rendimiento y participación estudiantil. Wolfe et al. (2014) subrayan cómo los STI contribuyen a una mejor comprensión del riesgo genético mediante plataformas en línea.

Además de mejorar la comprensión de conceptos complejos y habilidades específicas, como la construcción de modelos matemáticos y la resolución de problemas, se observa un aumento en la participación estudiantil. Sin embargo, también se señalan desafíos, como la necesidad de una infraestructura tecnológica adecuada, la capacitación docente y preocupaciones sobre la privacidad y seguridad de los datos de los estudiantes (Guerrero-Roldán et al., 2016; Eryilmaz & Adabashi, 2020; De Chiusole et al., 2020). Otros estudios, como McCarthy et al. (2018), exploran cómo los STI pueden fomentar la autorregulación y la reflexión metacognitiva, mientras que VanLehn et al. (2023) destacan su capacidad para cerrar brechas de aprendizaje en estudiantes con bajo rendimiento mediante tutorías basadas en pasos. En conjunto, los estudios sugieren que el éxito de los STI depende de la disposición de los estudiantes para interactuar activamente y de la adecuada integración tecnológica en el aula.

Tabla 4

Impacto de los STI

Autor	Enfoque Principal	Impacto en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje
Arroyo et al. (2014)	Tutoría adaptativa multimedia en matemáticas	Mejora la comprensión matemática, abordando cognición, metacognición y emoción.
Ramos de Melo et al. (2014)	Organización computacional de contenidos didácticos	Personalización de entornos de aprendizaje virtual.
Wolfe et al. (2014)	Comunicación genética de riesgo de cáncer	Aumento en la comprensión del riesgo genético a través de la web.
Guerrero-Roldán et al. (2016)	Aprendizaje de algoritmos de búsqueda	Desarrollo de habilidades en algoritmos y evaluación automática de estudiantes.
eBahçeci & Gürol (2016)	Instrucción individualizada y rendimiento académico	Potencial mejora en resultados con instrucción personalizada.
VanLehn et al. (2016)	Aprendizaje de ciencias a través de la construcción de modelos	Aumento de aprendizaje sin incrementar el tiempo dedicado.
McCarthy et al. (2018)	Funciones metacognitivas en un STI	Mejora en la reflexión sobre el proceso de aprendizaje y autorregulación.
Weston Sementelli et al. (2018)	Entrenamiento en estrategias de comprensión y escritura	Mejora en tareas de escritura con fuentes específicas.
VanLehn et al. (2020)	Enseñanza de construcción de modelos algebraicos	Habilidad mejorada en la construcción de modelos matemáticos.
Tacoma et al. (2020)	Retroalimentación inteligente en la prueba de hipótesis	Mejora en comprensión y rendimiento en pruebas de hipótesis.
Frontino de Medeiros et al. (2020)	Asistente cognitivo en interacciones de tutoría	Mejora en la interacción a través de "small talk" y asistencia cognitiva.
Eryilmaz & Adabashi (2020)	Redes y lógica difusa para rendimiento estudiantil	Potencial mejora en el rendimiento estudiantil con enfoque en redes y lógica.

Autor	Enfoque Principal	Impacto en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje
De Chiusole et al. (2020)	Aprendizaje y evaluación de estadísticas con teoría de Espacios de Conocimiento	Mejora en la enseñanza y evaluación de estadísticas.
Gunawan et al. (2020)	Uso de STI en entornos de aprendizaje mixto	Exploración de planes de lecciones en educación de ciencias.
Rahim et al. (2020)	Medición y predicción del rendimiento de STI	Utilización de función predictiva para evaluación.
Furlan et al. (2021)	Simulador de paciente virtual basado en procesamiento de lenguaje natural y STI	Aprendizaje clínico mejorado mediante simulación y tutoría.
Grivokostopoulou et al. (2021)	Sistema inteligente adaptativo en cursos de Economía y Negocios	Mejora en el rendimiento en cursos en línea.
Subirats et al. (2021)	IA para contrarrestar efectos de COVID-19 en aprendizaje	Utilización de IA para mitigar impacto de pandemia en la educación.
VanLehn et al. (2023)	Tutoría basada en pasos para construcción de modelos algebraicos	Desarrollo de habilidades en estudiantes con bajo rendimiento.

En relación con los resultados particulares, Bahçeci y Gürol (2016) y Guerrero-Roldán et al. (2016) evidencian diferencias significativas en el rendimiento académico en comparación con el método tradicional. Concretamente, Arroyo et al. (2014) identifica un aumento del 12% en aprobación de pruebas y 7% en niveles avanzados, y Eryilmaz & Adabashi (2020) un menor tiempo empleado en las pruebas de evaluación. Por su parte, Weston Sementelli et al. (2018) y Wolfe et al. (2014) destacan mejoras en la elaboración de ensayos y adquisición de contenidos respectivamente, y Subirats et al. (2021) detectan resultados significativos al analizar la categoría excelente y en tareas de seguimiento. Finalmente, mientras VanLehn et al. (2023) evidencian mejoras en las puntuaciones de todos los alumnos, De Chiusole et al. (2020) muestran un aumento en el dominio de habilidades, especialmente entre estudiantes con menor nivel previo de conocimientos.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática muestra un discreto progreso de la producción sobre el impacto de los STI en el proceso de enseñanza aprendizaje en la última década, especialmente asociado con el protagonismo que las TIC han alcanzado durante el periodo pandémico, aunque no se mantiene constante. La covid-19 ha impulsado significativamente la adopción acelerada de las TIC en la educación, incluyendo los STI, como una respuesta eficaz a los desafíos planteados por la enseñanza remota y la educación en línea (Arana, 2021), facilitando una experiencia educativa más personalizada y efectiva, como subrayan Castillo et al. (2021). Pero su impacto en el proceso de enseñanza-aprendizaje no sigue una progresión uniforme, como se refleja en las fluctuaciones observadas en la producción científica, hay periodos de mayor énfasis y atención, seguidos por etapas de relativa quietud investigativa. Esto puede estar influenciado por diversos factores, como la evolución de las políticas educativas, los cambios en las prioridades de investigación y las transformaciones en la percepción y adopción de las tecnologías educativas por parte de educadores, estudiantes y otras partes interesadas (Arana,

2021; Cervantes et al, 2021). La producción científica sobre STI ha experimentado un notable incremento en los últimos años, especialmente a partir de 2019, coincidiendo con el impacto del COVID-19 en la educación y el auge de la inteligencia artificial generativa, como la herramienta Chat GPT3.5. La mayoría de los estudios se concentran en países con alta inversión en tecnología educativa, como Estados Unidos, China y varios países de Europa.

Vivir como muchos tecnólogos deseaban, al 100% de la virtualidad, fue una experiencia única, inesperada en un momento concreto y con una capacitación insuficiente del profesorado, que despertó muchas inquietudes en la totalidad de la comunidad educativa, especialmente en las familias (Hernández-Prados y Alvarez- Muñoz, 2021). En palabras de Vera (2023) presentó desafíos inesperados y complejidades que no fueron anticipadas en su totalidad. La falta de interacción cara a cara, la adaptación de los contenidos para la plataforma digital y la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo fueron solo algunos de los obstáculos que el profesorado enfrentó de manera repentina y a menudo sin disponibilidad de recursos (Lima & Silva, 2022). Además, autores como Ponce et al, (2019) han planteado interrogantes sobre la extrapolación de los modelos educativos tradicionales al entorno virtual, señalando que no todas las dinámicas de aprendizaje son fácilmente transferibles y que se requiere una reevaluación profunda de las estrategias pedagógicas.

La eficacia de los STI en este nuevo panorama también se ha cuestionado, a pesar de haber demostrado valía en diversos contextos educativos. Los estudios revisados presentan una diversidad en términos de tamaño de muestra, etapas educativas y diseños metodológicos. Se observa una tendencia hacia la utilización de muestras grandes y heterogéneas, lo que permite una mayor generalización de los resultados. Autores como Rodríguez et al. (2020) han señalado que la personalización y adaptación de los STI pueden ser afectadas por la falta de interacción directa entre el tutor y el estudiante, lo que podría influir en la calidad de la retroalimentación y la comprensión profunda de las necesidades del estudiante. Asimismo, la capacitación insuficiente del profesorado para aprovechar al máximo las capacidades de los STI en el entorno virtual es un factor que no debe pasarse por alto (Johnston et al., 2018). La tecnología avanzada de los STI exige una comprensión profunda por parte de los profesores para su integración efectiva en la pedagogía, y la falta de esta preparación puede limitar su potencial (Ponce y Biset, 2019). Por tanto, se requiere una preparación docente más exhaustiva y de una reflexión profunda sobre la aplicabilidad y limitaciones de los STI en este nuevo paradigma educativo tendente hacia la virtualidad, así como una mayor indagación teórica.

Al respecto, el presente estudio permite concluir que los STI se presentan como elementos cruciales en el proceso educativo, con el potencial de transformar y mejorar diversas etapas y contextos de aprendizaje. Los STI se han implementado exitosamente en una variedad de entornos educativos, desde escuelas primarias hasta universidades. Estos sistemas han demostrado ser efectivos en mejorar el rendimiento académico y en fomentar la autorregulación y la motivación de los estudiantes. Por ejemplo, Çetin et al. (2023) investigaron el efecto de un sistema de tutoría inteligente gamificado en las habilidades de resolución de problemas, encontrando mejoras significativas. Además, Rebolledo-Mendez et al. (2022) exploraron el comportamiento meta-afectivo dentro de un sistema de tutoría inteligente para matemáticas, destacando su impacto positivo en el aprendizaje. Al explorar las múltiples dimensiones de los STI y su influencia en el aprendizaje, este estudio ha profundizado en cómo la tecnología puede desempeñar un papel catalizador en la educación contemporánea. Sin

embargo, también destaca la importancia de un enfoque crítico-reflexivo en la implementación de los STI y en la consideración del entorno y variables contextuales que pueden impactar en la dinámica de enseñanza-aprendizaje. Las lecciones extraídas de investigaciones anteriores actúan como guías valiosas para abordar de manera efectiva y eficiente el desafío de implementar los STI de manera beneficiosa.

En medio de esta evolución constante, es esencial abordar desafíos como la generalización y reutilización de los STI. Una implicación significativa es el potencial de los STI en las etapas iniciales de la educación. La muestra analizada sugiere que los STI podrían desempeñar un papel crucial en la formación de habilidades fundamentales desde una edad temprana, sentando bases sólidas para un aprendizaje continuo a lo largo de la vida. Por lo tanto, es crucial que futuras investigaciones se centren en la creación y evaluación de STI diseñados específicamente para niveles de Educación Infantil y Primaria. Esto podría abrir nuevas vías para enriquecer la educación desde sus primeros momentos y establecer un fundamento sólido para el desarrollo educativo a largo plazo.

Finalmente, aunque los avances actuales son prometedores, es necesario avanzar hacia la creación de dominios de aprendizaje más amplios y aplicables. Superar la limitación de enfoque en áreas particulares permitirá que los STI se conviertan en recursos educativos más versátiles y efectivos, beneficiando a un espectro más amplio de estudiantes y disciplinas. Los estudios destacan que los STI no solo mejoran el rendimiento académico, sino que también personalizan el aprendizaje, adaptando la dificultad a las capacidades individuales de los estudiantes y apoyando la autorregulación. Sin embargo, es necesario un enfoque interdisciplinar para maximizar su eficacia y abordar las limitaciones tecnológicas y pedagógicas. Ni y Cheung (2023) analizaron la intención de los estudiantes de secundaria de continuar utilizando un STI potenciado por IA para el aprendizaje del inglés, destacando la importancia de la personalización y el apoyo continuo. Asimismo, Heck et al (2022) discutieron la generación automática de ejercicios para apoyar la macro-adaptabilidad en los sistemas de tutoría de idiomas, subrayando la capacidad de estos sistemas para ajustarse a las necesidades individuales. En esta dirección, este estudio también abre nuevos interrogantes, cómo se puede fomentar una mentalidad abierta hacia la tecnología en la educación y cómo se pueden proporcionar a los docentes la formación y el apoyo necesarios para integrar de manera efectiva las tutorías inteligentes en distintos contextos disciplinares, e invita a reflexionar sobre cómo se pueden abordar las preocupaciones y percepciones que podrían estar contribuyendo al hermetismo docente. Explorar estrategias para sensibilizar a los educadores sobre los beneficios de los STI y cómo estos pueden enriquecer la enseñanza y el aprendizaje en diversas áreas puede ser crucial para fomentar una mayor adopción y apertura. En última instancia, este patrón señala la importancia de continuar investigando y promoviendo la implementación STI en una variedad de materias, enfocándose no solo en los beneficios tecnológicos, sino también en abordar las percepciones y actitudes que pueden estar frenando su adopción en múltiples disciplinas.

5. REFERENCIAS

- Achard, I. (2020). *¿ Nuevo rol o nueva identidad docente en la era digital?*. Educación y Tecnología.
- Alahi, M. E. E., Sukkuea, A., Tina, F. W., Nag, A., Kurdthongmee, W., Suwannarat, K., & Mukhopadhyay, S. C. (2023). Integration of IoT-enabled technologies and artificial intelligence (AI) for smart city scenario: recent advancements and future trends. *Sensors*, 23(11), 5206. <https://doi.org/10.3390/s23115206>
- Alemán-Díaz, A. Y. (2023). *Motivations guiding public research funding in science, technology and innovation (STI) policy: a synthesis*. In Handbook of Public Funding of Research (pp. 38-54). Edward Elgar Publishing.
- Arana, C. (2021). Inteligencia Artificial Aplicada a la Educación: Logros, Tendencias y Perspectivas. INNOVA UNTREF. *Revista Argentina de Ciencia y Tecnología*, 1-22. <https://revistas.untref.edu.ar/index.php/innova/article/download/1107/917>
- Batista, L. H. L., & Maffu, N. F. (2007). Web y tutoriales como herramientas en el proceso de enseñanza y aprendizaje. *Revista Información Científica*, 54(2). <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/cum-37552>
- Cao, J., Yang, T., Lai, I. K. W., & Wu, J. (2021). Is online education more welcomed during COVID-19? An empirical study of social impact theory on online tutoring platforms. *The International Journal of Electrical Engineering & Education*, 0020720920984001. <https://doi.org/10.1177/0020720920984001>
- Carini, R. M., Kuh, G. D., & Klein, S. P. (2006). Student engagement and student learning: Testing the linkages. *Research in higher education*, 47, 1-32. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11162-005-8150-9>
- CASTILLO AVILA, A. A.; GONZÁLEZ CALLEROS, J. M.; GUERRERO GARCÍA, J.(2021) Revisión sistemática de la literatura sobre los sistemas tutores afectivos: 2001-2020. *Revista Brasileira de Informática na Educação, [S. l.]*, v. 29, p. 928–956, 2021. DOI: 10.5753/rbie.2021.29.0.928.
- Cervantes-Pérez, F., Navarro-Perales, J., Franzoni-Velázquez, A.L. y de la Fuente Valentín, L. (2021). Bayesian Knowledge Tracing for Navigation through Marzano's Taxonomy. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 6(6), 234-239. <https://dx.doi.org/10.9781/ijimai.2021.05.006>
- Çetin, I., Erumit, A. K., Nabiyev, V., Karal, H., Kosa, T., & Kokoc, M. (2023). The Effect of Gamified Adaptive Intelligent Tutoring System Artibos on Problem-Solving Skills. *Participatory Educational Research*, 10(1), 344–374. <https://doi.org/10.17275/per.23.19.10.1>
- De La Rosa Valdiviezo, A., Toro Girón, K., Jaén Armijos, K., & Espinoza Freire, E. E. (2019). El proceso de enseñanza-aprendizaje en las ciencias naturales: las estrategias didácticas como alternativa. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(1), 58-62. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/243>

- Incio Flores, F. A., Capuñay Sanchez, D. L. ., Estela Urbina, R. O. ., Valles Coral, M. Ángel ., Vergara Medrano, S. E. ., & Elera Gonzales, D. G. . (2021). Inteligencia artificial en educación: una revisión de la literatura en revistas científicas internacionales. *Apuntes Universitarios*, 12(1), 353–372. <https://doi.org/10.17162/au.v12i1.974>
- García-Peña, V. R., Mora-Marcillo, A. B., & Ávila-Ramírez, J. A. (2020). La inteligencia artificial en la educación. *Domino De Las Ciencias*, 6(3), 648–666. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1421>
- García-Peñalvo, F.J. (2023). La percepción de la Inteligencia Artificial en contextos educativos tras el lanzamiento de ChatGPT: Disrupción o Pánico. *Education in the Knowledge Society*, 24. <https://doi.org/10.14201/eks.31279>
- González-Palacios, A., & Avelino-Rubio, I. (2016). Tutoría: una revisión conceptual. *Revista de Educación y desarrollo*, 38, 57-68. http://148.202.248.26/sites/default/files/38_gonzalez_palacios.pdf
- Gros Salvat, B., y Cano García, E. (2021). Procesos de feedback para fomentar la autorregulación con soporte tecnológico en la educación superior: Revisión sistemática. *RIED. Revista Iberoamericana de Educación a Distancia*, 24(2), 107-125. <https://doi.org/10.5944/ried.24.2.28886>
- Gupta, Sambhav and Chen, Yu (2022). Supporting Inclusive Learning Using Chatbots? A Chatbot-Led Interview Study. *Journal of Information Systems Education*, 33(1), 98-108. <https://aisel.aisnet.org/jise/vol33/iss1/11>
- Heck, T., Meurers, D., & Nuxoll, F. (2022). Automatic Exercise Generation to Support Macro-Adaptivity in Intelligent Language Tutoring Systems. *Research-Publishing.Net*.
- Hernández-Prados, M. Á. y Álvarez-Muñoz, J.S. (2021). Familia-escuela-COVID19. Una triada emergente. En Hernández-Prados, M. Á. y Belmonte, M.L. (Coord.) *La nueva normalidad educativa, Educando en tiempos de pandemia* (26-38). Dykinson
- Hockenberry, M. J., & Warschauer, M. (2016). Laptops and fourth-grade literacy: Assisting the jump over the fourth-grade slump. *Journal of Research on Technology in Education*, 48(3), 160-175.
- Johnson, R. B., y Christensen, L. B. (2019). *Educational research: Quantitative, qualitative, and mixed methods approaches*. SAGE Publications
- Johnston, J. H., Burke, C. S., Milham, L. A., Ross, W. M., & Salas, E. (2018). Challenges and propositions for developing effective team training with adaptive tutors. In *Building intelligent tutoring systems for teams: What matters* (pp. 75-97). Emerald Publishing Limited.
- Lima Júnior, A. B. D., & Silva, L. T. G. (2022). Os sistemas tutores inteligentes e a adaptação do ensino aos perfis de aprendizagem do usuário. *ETD Educação Temática Digital*, 24(3), 618-632. DOI 10.20396/etd.v24i3.8663707

- Martín-Marchante, B.(2022).TIC e inteligencia artificial en la revisión del proceso de escritura: su uso en las universidades públicas valencianas.*Research in Education and Learning Innovation Archives*, 28,16--31.10.7203/realia.28.2062
- Mathew, A.N., Rohini, V. & Paulose, J. (2021). NLP-based personal learning assistant for school education. *International Journal of Electrical and Computer Engineering*, 11(5), 4522-4530. <http://doi.org/10.11591/ijece.v11i5.pp4522-4530>
- Moreira, M. A. (2004). Máquinas que enseñan. Una revisión de los métodos de enseñanza aprendizaje con ordenadores. *Bordón. Revista de pedagogía*, 56(3), 483-491.efaidnbmnnnibpcajpcglcfindmkaj/http://manarea.webs.ull.es/articulos/art12_BORDON.pdf
- Moreno Padilla, R. D. (2019). La llegada de la inteligencia artificial a la educación. *Revista De Investigación En Tecnologías De La Información*, 7(14), 260–270. <https://doi.org/10.36825/RITI.07.14.022>
- Ni, A., & Cheung, A. (2023). Understanding Secondary Students' Continuance Intention to Adopt AI-Powered Intelligent Tutoring System for English Learning. *Education and Information Technologies*, 28(3), 3191–3216. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-11305-z>
- Ocaña-Fernández, Y., Valenzuela-Fernández, L.A. y Garro-Aburto, L.L. (2019). Inteligencia artificial y sus implicaciones en la educación superior. *Propósitos y Representaciones*, 7(2), 536-568. <http://dx.doi.org/10.20511/pyr2019.v7n2.274>
- Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2019). *Educación Inclusiva*.UNESCO
- Osorio, L., Vidanovic, A. y Finol, M. (2021). Elementos del proceso de enseñanza aprendizaje y su interacción en el ámbito educativo. *Qualitas*, 23(23). <https://doi.org/10.55867/qual23.01>
- Pezzini, M. C (2022). Tutores inteligentes en la enseñanza: una revisión y análisis en la educación secundaria. In *XXVIII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC)(La Rioja, 3 al 6 de octubre de 2022)*.
- Pincay Ponce, J. I., Pintado Zumba, P. F., & Biset, J. C. (2019). ANÁLISIS DE IMPLEMENTACIONES DE SISTEMAS TUTORES INTELIGENTES Y AFECTIVOS. REVISIÓN SISTEMÁTICA. *REFCaIE: Revista Electrónica Formación Y Calidad Educativa. ISSN 1390-9010*, 7(2), 218–234. <https://refcale.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/3019>
- Ponce, P., Pintado, P., y Biset, J. (2019). Análisis de implementaciones de sistemas tutores inteligentes y afectivos. Revisión sistemática. *REFCaIE: Revista Electrónica Formación y Calidad Educativa*, 7(2), 218-234. <https://observatorioturisticobahia.uleam.edu.ec/index.php/refcale/article/view/3019>
- Ramírez-Montoya, M., & Lugo-Ocando, J. (2020). Systematic review of mixed methods in the framework of educational innovation. [Revisión sistemática de métodos mixtos en el

- marco de la innovación educativa]. *Comunicar*, 65, 9-20. <https://doi.org/10.3916/C65-2020-01>
- Rebolledo-Mendez, G., Huerta-Pacheco, N. S., Baker, R. S., & du Boulay, B. (2022). Meta-Affective Behaviour within an Intelligent Tutoring System for Mathematics. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 32(1), 174–195. <https://doi.org/10.1007/s40593-021-00247-1>
- Rodríguez Málaga, L; Rodríguez Pérez, C; Fidalgo Redondo, R (2019) NUEVOS ENTORNOS DE APRENDIZAJE PARA LA ESCRITURA: SISTEMAS DE TUTORÍA INTELIGENTE *Papeles del Psicólogo*,40,(2) <https://doi.org/10.23923/pap.psicol2019.2895>
- Sanz Ponce, J. R., & López Luján, E. (2021). Consecuencias pedagógicas entre el alumnado de enseñanza básica derivadas de la COVID-19. Una reflexión en torno a los grandes olvidados de la pandemia. *Teoría de La Educación. Revista Interuniversitaria*, 33(2). <https://doi.org/10.14201/teri.25471>
- Selwyn, N. (2020). *¿Deberían los robots sustituir al profesorado?: La IA y el futuro de la educación*. Ediciones Morata.
- Tirocchi, S. (2022). *Educación y plataformas digitales. Implicaciones para los estudiantes. In Redes sociales y ciudadanía: ciberculturas para el aprendizaje*. (pp. 159-166). Grupo Comunicar Ediciones.
- Troncoso, M.O., Dueñas, Y.K. y Verdecia, E. (2023). Inteligencia artificial y educación: nuevas relaciones en un mundo interconectado. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 11(2), 312-328. <https://revistas.uh.cu/revflaco/article/view/4815>
- Urquilla, A. (2022). Un viaje hacia la inteligencia artificial en la educación. *Realidad y Reflexión*, 2022 Año. 22, N° 56, p 121-136. <http://ri.ufg.edu.sv/jspui/handle/11592/9810>
- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: Una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina clínica*, 135(11), 507-511. <https://doi.org/doi:10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- VanLehn, K., Milner, F., Banerjee, C. & Wetzel, J. (2023). A Step-Based Tutoring System to Teach Underachieving Students How to Construct Algebraic Models. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*. <https://doi.org/10.1007/s40593-023-00328-3>
- Vera, F. (2023). Integración de la Inteligencia Artificial en la Educación superior: Desafíos y oportunidades. *Transformar*, 4(1), 17–34. <https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/view/84>
- Webster, C. (1997). *Adaptive depression, affective computing, and intelligent processing. In Intelligent Processing Systems, 1997. ICIPS'97. 1997 IEEE International Conference on* (Vol. 2, pp. 1181–1184). IEEE

- Xiangjie, Q., Zhiliang, W., Jun, Y., & Xiuyan, M. (2006, August). An affective intelligent tutoring system based on artificial psychology. In *First International Conference on Innovative Computing, Information and Control-Volume I (ICICIC'06)* (Vol. 3, pp. 402-405). IEEE.
- Zuo, M., Hu, Y., Luo, H., Ouyang, H., & Zhang, Y. (2022). K-12 students' online learning motivation in China: An integrated model based on community of inquiry and technology acceptance theory. *Education and Information Technologies*, 27(4), 4599-4620. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10791-x>

Para citar este artículo:

Carbonell Bernal, N., y Hernández Prados, M. Ángeles. Impacto de los sistemas de tutoría inteligente. Una revisión sistemática. *Eduotec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (89), 121-143. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3025>

Anexo I. Breve descripción de los artículos de investigación seleccionados para el estudio.

Autores	Título	Contenido
Arroyo et al. (2014)	A Multimedia Adaptive Tutoring System for Mathematics that Addresses Cognition, Metacognition and Affect	El artículo se centra en un sistema de tutoría adaptativo multimedia diseñado para enseñar matemáticas y abordar aspectos relacionados con la cognición, la metacognición y la emoción en el proceso de aprendizaje.
Ramos de Melo et al.(2014)	Computational organization of didactic contents for personalized virtual learning environments	El artículo se centra en la organización computacional de contenidos didácticos para entornos de aprendizaje virtual personalizados.
Wolfe et al. (2014)	Efficacy of a Web-Based Intelligent Tutoring System for Communicating Genetic Risk of Breast Cancer: A Fuzzy-Trace Theory Approach	El artículo se enfoca en la eficacia de un sistema de tutoría inteligente basado en la web para comunicar el riesgo genético de cáncer de mama. El enfoque del estudio utiliza la teoría del trazo difuso (Fuzzy-Trace Theory) para abordar cómo se puede mejorar la comunicación y comprensión de la información sobre el riesgo genético de cáncer de mama a través de una plataforma en línea.
Guerrero-Roldán et al. (2016)	An Educational System for Learning Search Algorithms and Automatically Assessing Student	El artículo se centra en el desarrollo de un sistema educativo destinado a enseñar algoritmos de búsqueda y a realizar evaluaciones automáticas de los estudiantes en este campo.
eBahçeci & Gürol (2016)	The Effect of Individualized Instruction System on the Academic Achievement Scores of Students	El artículo busca comprender si la implementación de un sistema de instrucción individualizada puede conducir a mejoras en los resultados académicos en comparación con métodos de instrucción más tradicionales y generalizados.
VanLehn et al. (2016)	Learning Science by Constructing Models: Can Dragoon Increase Learning without Increasing the Time Required?	El artículo explora si el uso de un sistema llamado "Dragoon", puede aumentar el aprendizaje de los estudiantes en el ámbito de las ciencias sin requerir más tiempo del que normalmente se destina a la enseñanza.
McCarthy et al. (2018)	Metacognitive Overload: Positive and Negative Effects of Metacognitive Prompts in an Intelligent Tutoring System	El artículo se centra en examinar los efectos positivos y negativos de las funciones metacognitivas en un Sistema de Tutoría Inteligente. Estas señales metacognitivas pueden ser instrucciones o recordatorios diseñados para ayudar a los estudiantes a reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje y mejorar su autorregulación.

Autores	Título	Contenido
Weston Sementelli et al. (2018)	Comprehension and Writing Strategy Training Improves Performance on Content-Specific Source Based Writing Tasks	El artículo está relacionado con la investigación sobre la mejora del rendimiento en tareas de escritura basadas en fuentes específicas de contenido a través del entrenamiento en estrategias de comprensión y escritura. Explora cómo la formación en estrategias de comprensión y escritura puede impactar positivamente en la capacidad de los estudiantes para realizar tareas de escritura que requieren el uso de fuentes específicas.
VanLehn et al. (2020)	Teaching Algebraic Model Construction: A Tutoring System, Lessons Learned and an Evaluation	El artículo detalla cómo se desarrolló y evaluó un sistema de tutoría diseñado para ayudar a los estudiantes a aprender y mejorar sus habilidades en la construcción de modelos algebraicos.
Tacoma et al. (2020)	Intelligent Feedback on Hypothesis Testing	El artículo investiga cómo se puede implementar la retroalimentación inteligente en el contexto de la enseñanza y el aprendizaje de la prueba de hipótesis, con el objetivo de mejorar la comprensión y el rendimiento de los estudiantes.
Frontino de Medeiros et al. (2020)	Development of an Intelligent Tutoring System Using Bayesian	El artículo aborda el desarrollo de un sistema de tutoría inteligente utilizando el enfoque Bayesian, así como del asistente cognitivo que utiliza "small talk" (conversación casual) en las interacciones de tutoría.
Eryilmaz & Adabashi (2020)	Networks and Fuzzy Logic for a Higher Student Academic Performance	El artículo explora cómo se pueden utilizar conceptos de redes y lógica difusa para mejorar la efectividad de sistemas de soporte o intervenciones en el ámbito educativo con el objetivo de elevar el rendimiento estudiantil.
De Chiusole et al. (2020)	Stat-Knowlab. Assessment and Learning of Statistics with Competence-based Knowledge Space Theory	El artículo se enfoca en una plataforma llamada "Stat-Knowlab" que aborda la evaluación y el aprendizaje de estadísticas utilizando la teoría de Espacios de Conocimiento basados en Competencias.
Gunawan et al. (2020)	Exploring Science Teachers' Lesson Plans by the Implementation of Intelligent Tutoring Systems in Blended Learning Environments	El artículo se centra en explorar los planes de lecciones de profesores de ciencias a través de la implementación de Sistemas de Tutoría Inteligente en entornos de aprendizaje mixto (blended learning).
Rahim et al. (2020)	Intelligent Tutoring Systems' Measurement and Prediction of Students' Performance Using Predictive Function	El artículo se centra en la medición y predicción del rendimiento de los estudiantes en Sistemas de Tutoría Inteligente utilizando una función predictiva.

Autores	Título	Contenido
Furlan et al. (2021)	A Natural Language Processing-Based Virtual Patient Simulator and Intelligent Tutoring System for the Clinical Diagnostic Process: Simulator Development and Case Study Performance	El artículo se centra en el desarrollo de un simulador de paciente virtual basado en procesamiento de lenguaje natural y en un Sistema de Tutoría Inteligente para el proceso de diagnóstico clínico.
Grivokostopoulou et al. (2021)	Experiences in the use of an adaptive intelligent system to enhance online learner's performance: a case study in Economics and Business courses	El artículo se enfoca en las experiencias relacionadas con el uso de un sistema inteligente adaptativo para mejorar el rendimiento de los estudiantes en cursos en línea en el ámbito de Economía y Negocios.
Subirats et al. (2021)	Artificial Intelligence to Counterweight the Effect of COVID-19 on Learning in a Sustainable Environment	El artículo se centra en el uso de la Inteligencia Artificial para contrarrestar los efectos de la pandemia de COVID-19 en el aprendizaje en un entorno sostenible.
VanLehn et al. (2023)	A Step-Based Tutoring System to Teach Underachieving Students How to Construct Algebraic Models	El artículo aborda el desarrollo y la evaluación de un sistema de tutoría basado en pasos para enseñar a estudiantes con bajo rendimiento cómo construir modelos algebraicos. Este enfoque está diseñado para abordar las dificultades específicas que enfrentan los estudiantes que tienen dificultades para construir modelos matemáticos y ecuaciones algebraicas.
