



Integración de la tecnología y la pedagogía en los sistemas de tutoría inteligente

Integration of technology and pedagogy in intelligent tutoring systems

 Geovanny Francisco Ruiz Muñoz; geovanny.ruizm@ug.edu.ec

Universidad de Guayaquil (Ecuador)

Resumen

Los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) han demostrado su potencial para mejorar el proceso de enseñanza-aprendizaje al brindar instrucción personalizada y adaptativa. Sin embargo, la integración efectiva de la tecnología y la pedagogía en estos sistemas sigue siendo un desafío. Este estudio tuvo como objetivo analizar los enfoques y estrategias más efectivos para lograr esta integración. Se empleó una metodología mixta que combinó análisis bibliométricos, minería de textos, análisis de contenido y entrevistas a expertos. Los resultados destacan la importancia de utilizar modelos de estudiante precisos, incorporar enfoques constructivistas y de aprendizaje multimedia, aplicar retroalimentación adaptativa y andamiaje, y diseñar interfaces envolventes. También se identificaron desafíos relacionados con la accesibilidad, escalabilidad y consideraciones éticas. Se concluye que una combinación óptima de avances tecnológicos, principios pedagógicos sólidos y una comprensión profunda de las necesidades individuales de los estudiantes es crucial para el éxito de los STI.

Palabras clave: Sistemas de Tutoría Inteligente, integración tecnología-pedagogía, enfoques constructivistas, aprendizaje multimedia.

Abstract

Intelligent Tutoring Systems (ITS) have demonstrated their potential to enhance the teaching-learning process by providing personalized and adaptive instruction. However, effectively integrating technology and pedagogy within these systems remains a challenge. This study aimed to analyze the most effective approaches and strategies for achieving this integration. A mixed-method methodology was employed, combining bibliometric analysis, text mining, content analysis, and expert interviews. The results highlight the importance of using accurate student models, incorporating constructivist and multimedia learning approaches, applying adaptive feedback and scaffolding, and designing engaging interfaces. Challenges related to accessibility, scalability, and ethical considerations were also identified. The study concludes that an optimal combination of technological advancements, sound pedagogical principles, and a deep understanding of individual student needs is crucial for the success of ITS in improving learning outcomes.

Keywords: Intelligent Tutoring Systems, technology-pedagogy integration, constructivist approaches, multimedia learning.

1. INTRODUCCIÓN

Los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI) son una aplicación de la Inteligencia Artificial en el ámbito educativo, cuyo objetivo principal es brindar una instrucción personalizada y adaptativa a los estudiantes (Essa, 2016; VanLehn, 2011). Los STI se basan en una combinación de principios pedagógicos, teorías del aprendizaje y técnicas de inteligencia artificial para crear entornos de aprendizaje interactivos y efectivos.

Estos sistemas han ganado una creciente relevancia en el ámbito educativo, ya que ofrecen una oportunidad única para personalizar el aprendizaje y adaptarse a las necesidades individuales de los estudiantes. Estos sistemas tienen el potencial de mejorar significativamente el proceso de enseñanza-aprendizaje al brindar una instrucción personalizada, retroalimentación inmediata y una experiencia de aprendizaje más atractiva y motivadora (Essa, 2016; VanLehn, 2011).

Sin embargo, a pesar de sus beneficios, la integración efectiva de la tecnología y la pedagogía en los STI ha sido un desafío persistente. Numerosos investigadores han explorado este tema, destacando la importancia de combinar de manera óptima los avances tecnológicos con principios pedagógicos sólidos (Koedinger et al., 2003; Mitrovic & Ohlsson, 1999; Roll et al., 2007).

El objetivo principal de esta investigación es analizar y evaluar las estrategias más efectivas para integrar la tecnología y la pedagogía en los STI, con el fin de mejorar su eficacia en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este estudio se centra en examinar los componentes clave de los STI: el modelo del estudiante, el modelo del dominio y el modelo pedagógico, y cómo su interacción puede optimizarse para crear experiencias de aprendizaje más personalizadas y efectivas.

Uno de los componentes clave de los STI es el modelo del estudiante, que representa el conocimiento, habilidades y características individuales del alumno (Nkambou et al., 2010). Este modelo se actualiza constantemente a medida que el estudiante interactúa con el sistema, permitiendo así una adaptación dinámica de la instrucción y la retroalimentación (Essa, 2016).

Otro elemento fundamental es el modelo del dominio, que representa el conocimiento y las competencias que se deben enseñar (Mitrovic & Ohlsson, 1999). Este modelo se basa en una representación formal del conocimiento del dominio, lo que permite al sistema evaluar las respuestas del estudiante y proporcionar retroalimentación precisa (Koedinger et al., 2003).

El modelo pedagógico es el componente que integra los principios de enseñanza y aprendizaje en el STI (Nkambou et al., 2010). Este modelo determina cómo se presentará el contenido, qué estrategias de enseñanza se utilizarán y cómo se proporcionará la retroalimentación (Soh et al., 2017).

Este estudio contribuirá significativamente al campo de la educación asistida por tecnología, proporcionando aportes para el desarrollo de la próxima generación de STI que puedan adaptarse de manera más eficaz a las necesidades individuales de los estudiantes y mejorar los resultados de aprendizaje.

La integración efectiva de la tecnología y la pedagogía en los STI implica la combinación óptima de estos componentes para crear una experiencia de aprendizaje personalizada y efectiva. A continuación, se analizan los principios teóricos y los enfoques que han demostrado ser efectivos en esta integración.

Teorías del Aprendizaje y Enfoques Pedagógicos

Uno de los enfoques teóricos más influyentes en el diseño de STI es el constructivismo, que enfatiza la construcción activa del conocimiento por parte del estudiante (Jonassen, 1991; Piaget, 1970). Los STI basados en el constructivismo promueven el aprendizaje a través de la exploración, la resolución de problemas y la interacción con el entorno (Graesser et al., 2018).

Otro enfoque clave es el aprendizaje por descubrimiento guiado, que combina la instrucción directa con la exploración y el descubrimiento guiado por el sistema (Mayer, 2004). Este enfoque ha demostrado ser efectivo para fomentar la comprensión profunda y la transferencia del conocimiento (Schwartz et al., 2011).

La teoría del aprendizaje situado también ha influido en el diseño de STI, enfatizando la importancia del contexto y la autenticidad de las actividades de aprendizaje (Brown et al., 1989). Los STI basados en esta teoría buscan crear entornos de aprendizaje inmersos en situaciones reales o simuladas (Koedinger & Corbett, 2006).

La teoría del aprendizaje multimedia de Mayer (2009) también ha sido ampliamente utilizada en el diseño de STI, ya que proporciona principios para la presentación efectiva de información mediante la integración de texto, gráficos, animaciones y otros medios.

Además, los enfoques basados en la autorregulación del aprendizaje han ganado relevancia en los STI, ya que promueven el desarrollo de habilidades metacognitivas y estrategias de aprendizaje efectivas (Azevedo & Alevén, 2013; Graesser et al., 2018).

Modelos de Estudiante y Adaptación

Un aspecto clave en la integración de la tecnología y la pedagogía en los STI es el desarrollo de modelos de estudiante precisos y adaptables. Estos modelos representan el conocimiento, las habilidades y las características individuales de cada estudiante, lo que permite al sistema ajustar la instrucción y la retroalimentación de manera personalizada (Nkambou et al., 2010).

Existen diferentes enfoques para modelar al estudiante, como los modelos basados en restricciones (Mitrovic & Ohlsson, 1999), los modelos basados en superposición (Koedinger et al., 2003) y los modelos bayesianos (Conati et al., 2002). Estos enfoques utilizan técnicas de inteligencia artificial, como la representación del conocimiento, el razonamiento basado en casos y las redes bayesianas, para inferir el estado de conocimiento del estudiante y adaptar la instrucción en consecuencia.

Otro aspecto importante es la adaptación de los STI a los estilos de aprendizaje y las preferencias de los estudiantes. Algunos enfoques utilizan cuestionarios o técnicas de minería de datos para identificar los estilos de aprendizaje y ajustar la presentación del contenido, las estrategias de enseñanza y la interfaz de usuario en consecuencia (Essa, 2016; Tsai et al., 2020).

Retroalimentación y Andamiaje

La retroalimentación efectiva es fundamental para el aprendizaje en los STI. La investigación ha demostrado que la retroalimentación oportuna, específica y basada en el progreso del estudiante mejora significativamente el rendimiento y la motivación (Shute, 2008; VanLehn, 2011).

Existen diferentes enfoques para proporcionar retroalimentación en los STI, como la retroalimentación basada en errores, la retroalimentación elaborada y la retroalimentación adaptativa (Essa, 2016; Roll et al., 2007). Estos enfoques se basan en principios pedagógicos sólidos y utilizan técnicas de inteligencia artificial para generar retroalimentación personalizada y relevante.

El andamiaje, o la provisión de apoyo temporal y ajustable, también es un componente clave en los STI. El andamiaje puede tomar diversas formas, como pistas, sugerencias, ejemplos o preguntas orientadoras, y su objetivo es guiar al estudiante a través del proceso de aprendizaje y fomentar su autonomía gradual (Graesser et al., 2018; Koedinger & Alevan, 2007).

Interacción y Agentes Pedagógicos

La interacción efectiva entre el estudiante y el sistema es crucial para el éxito de los STI. La investigación ha demostrado que las interfaces de usuario atractivas y fáciles de usar, que incorporan elementos multimedia y de gamificación, pueden mejorar la motivación y el compromiso de los estudiantes (Mayer, 2009; Schroeder & Adesope, 2014).

Uno de los enfoques más prometedores en este ámbito es el uso de agentes pedagógicos virtuales, que son representaciones antropomórficas o animadas que interactúan con los estudiantes y brindan instrucción y retroalimentación (Graesser et al., 2005; Schroeder & Adesope, 2014). Estos agentes pueden mejorar la experiencia de aprendizaje al proporcionar una interacción más natural y envolvente.

Evaluación y Métricas de Aprendizaje

La evaluación del aprendizaje y la efectividad de los STI es otro aspecto crucial en la integración de la tecnología y la pedagogía. Existen diferentes enfoques para evaluar el progreso de los estudiantes, como las pruebas de conocimiento, la resolución de problemas y la evaluación de habilidades de orden superior (Essa, 2016; Shute, 2008).

Además, es importante evaluar la efectividad general de los STI en comparación con otros métodos de enseñanza, como la instrucción en el aula tradicional o la tutoría humana (VanLehn, 2011). Estas evaluaciones pueden utilizar métricas como el rendimiento académico, la motivación, la autorregulación del aprendizaje y la transferencia de conocimientos.

Accesibilidad y Escalabilidad

A medida que los STI se vuelven más sofisticados y personalizados, es necesario abordar cuestiones relacionadas con la accesibilidad y la escalabilidad (Essa, 2016; Nkambou et al., 2010). Los STI deben ser accesibles para diferentes grupos de estudiantes, incluyendo aquellos

con discapacidades o necesidades especiales, y deben poder adaptarse a diferentes contextos educativos.

La escalabilidad también es un desafío, ya que los STI altamente personalizados requieren un gran esfuerzo de desarrollo y mantenimiento (Essa, 2016). Se han explorado enfoques como la inteligencia artificial conversacional, la generación automática de contenido y la minería de datos para abordar este desafío (Arroyo et al., 2014; Graesser et al., 2018).

Colaboración y Aprendizaje Social

Aunque los STI se han centrado tradicionalmente en la instrucción individual, existe un creciente interés en incorporar aspectos de colaboración y aprendizaje social (Nkambou et al., 2010; Soller et al., 2005). La investigación ha demostrado que el aprendizaje colaborativo puede mejorar la comprensión, la motivación y el desarrollo de habilidades sociales.

Algunos enfoques para integrar la colaboración en los STI incluyen el uso de entornos colaborativos virtuales, la incorporación de agentes pedagógicos colaborativos y el análisis de las interacciones entre los estudiantes para proporcionar retroalimentación y apoyo (Magnisalis et al., 2011; Soller et al., 2005).

Ética y Privacidad

A medida que los STI se vuelven más sofisticados y personalizados, surgen preocupaciones éticas y de privacidad (Essa, 2016; Nkambou et al., 2010). Es importante garantizar la privacidad de los datos de los estudiantes y evitar el uso indebido de la información personal.

Además, los STI deben estar diseñados de manera justa y no discriminatoria, evitando sesgos potenciales en los algoritmos o en el contenido (Arroyo et al., 2014; Essa, 2016). También es crucial fomentar la transparencia y la confianza en estos sistemas, permitiendo a los estudiantes y educadores comprender cómo funcionan y cómo se toman las decisiones.

2. MÉTODO

Este estudio empleó un enfoque de métodos mixtos, combinando una revisión sistemática de la literatura con entrevistas a expertos para analizar las estrategias de integración de tecnología y pedagogía en los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI). Siguiendo el modelo PRISMA, se realizó una búsqueda exhaustiva en las bases de datos Web of Science, Scopus, ERIC y IEEE Xplore, utilizando términos clave como "intelligent tutoring systems", "technology integration" y "pedagogical approaches", junto con sus variantes y operadores booleanos. Se incluyeron artículos publicados entre 2010 y 2023, en inglés o español, que fueran estudios empíricos o revisiones sobre la integración de tecnología y pedagogía en STI. Se excluyeron estudios no centrados específicamente en STI, así como artículos de opinión o editoriales.

Tras el cribado inicial, se seleccionaron 230 artículos para el análisis cuantitativo, utilizando el software VOSviewer para realizar un análisis bibliométrico y de minería de textos. Este análisis se centró en la frecuencia de términos clave, redes de co-citación y tendencias temporales en temas de investigación. De estos 230 artículos, se seleccionaron 35 para un análisis cualitativo

en profundidad, basándose en su relevancia y número de citas. El análisis de contenido de estos artículos se enfocó en codificar enfoques pedagógicos, técnicas de modelado del estudiante, estrategias de retroalimentación y andamiaje, y métodos de evaluación.

Para complementar los hallazgos de la revisión de literatura, se realizaron entrevistas semiestructuradas con 15 expertos en el campo de los STI. Estos expertos, seleccionados mediante muestreo intencional, incluyeron 8 investigadores académicos con publicaciones destacadas, 4 desarrolladores senior de empresas líderes en STI, y 3 educadores con experiencia en la implementación de estos sistemas. Los expertos tenían un promedio de 12 años de experiencia en el campo, representaban 7 países diferentes y abarcaban diversas áreas de especialización, incluyendo inteligencia artificial, psicología educativa y diseño instruccional.

Las entrevistas, con una duración de 60 a 90 minutos, se centraron en explorar enfoques efectivos para integrar tecnología y pedagogía, desafíos en el desarrollo e implementación de STI, tendencias emergentes y direcciones futuras, así como consideraciones éticas y de accesibilidad.

Para integrar los hallazgos cuantitativos y cualitativos, se empleó una matriz de convergencia que permitió comparar las tendencias identificadas en el análisis bibliométrico con los temas emergentes del análisis cualitativo y las perspectivas de los expertos. Este proceso de triangulación facilitó la identificación de áreas de consenso, así como posibles discrepancias entre la literatura publicada y las opiniones de los expertos en el campo.

Esta metodología mixta, que combina el análisis riguroso de la literatura existente con las perspectivas actualizadas de expertos en el campo, permitió obtener una comprensión holística y matizada de las estrategias actuales y emergentes para la integración efectiva de tecnología y pedagogía en los Sistemas de Tutoría Inteligente.

3. RESULTADOS

Los resultados de este estudio se presentan en tres secciones principales: análisis bibliométrico, análisis cualitativo de la literatura, y análisis de las entrevistas a expertos.

Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico de los 230 artículos seleccionados reveló varias tendencias significativas en la investigación sobre la integración de tecnología y pedagogía en los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI).

La distribución geográfica de las publicaciones mostró una concentración en ciertos países, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1

Distribución geográfica de las publicaciones

País	Porcentaje de publicaciones
Estados Unidos	32%
China	18%
Reino Unido	12%
Canadá	8%
Alemania	7%
Otros	23%

Esta distribución sugiere una posible brecha en la investigación proveniente de otras regiones, especialmente de países en desarrollo.

En cuanto a las perspectivas teóricas, se identificaron cinco enfoques predominantes, como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2

Perspectivas teóricas predominantes

Perspectiva teórica	Porcentaje de artículos
Constructivismo	28%
Aprendizaje adaptativo	23%
Teoría de la carga cognitiva	18%
Aprendizaje situado	15%
Conectivismo	10%
Otras teorías	6%

El análisis de co-citación reveló tres clusters principales de investigación:

1. Modelado del estudiante y adaptación (35% de las co-citaciones)
2. Diseño de interfaces y experiencia de usuario (28%)
3. Evaluación de la efectividad de los STI (22%)

La evolución temporal de los temas de investigación mostró un creciente interés en la integración de tecnologías emergentes como la realidad virtual y aumentada (incremento del 180% en los últimos 5 años), y en consideraciones éticas y de privacidad (incremento del 150%).

Análisis cualitativo de la literatura

El análisis en profundidad de los 35 artículos seleccionados permitió identificar patrones y relaciones entre diferentes aspectos de la integración de tecnología y pedagogía en los STI.

Emergieron cuatro temas principales, con sus respectivas subcategorías, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Temas principales y subcategorías emergentes del análisis cualitativo

Tema principal	Subcategorías
Personalización del aprendizaje	- Modelado cognitivo del estudiante - Adaptación en tiempo real - Consideración de factores emocionales
Estrategias pedagógicas innovadoras	- Aprendizaje basado en problemas - Gamificación - Aprendizaje colaborativo asistido por IA
Desafíos de implementación	- Escalabilidad - Interoperabilidad - Formación docente
Consideraciones éticas y sociales	- Privacidad de datos - Equidad y accesibilidad - Transparencia algorítmica

Se observó una fuerte relación entre las estrategias de personalización del aprendizaje y las consideraciones éticas, con el 75% de los artículos que abordaban la personalización también discutiendo implicaciones éticas.

La integración de estrategias pedagógicas innovadoras se correlacionó positivamente con los desafíos de implementación, especialmente en términos de escalabilidad y formación docente. El 80% de los artículos que proponían enfoques pedagógicos novedosos también abordaban estos desafíos.

Análisis de las entrevistas a expertos

Las entrevistas con los 15 expertos proporcionaron resultados que complementaron y, en algunos casos, contrastaron con los hallazgos de la literatura.

Los temas más frecuentemente mencionados por los expertos se presentan en la Tabla 4.

Tabla 4
Temas frecuentes en las entrevistas a expertos

Tema	Frecuencia de mención
Integración de IA avanzada	13/15
Necesidad de enfoques pedagógicos híbridos	12/15
Preocupaciones sobre la brecha digital	11/15
Importancia de la colaboración interdisciplinaria	10/15
Desafíos en la evaluación a largo plazo de la efectividad de los STI	9/15

Un hallazgo notable fue la discrepancia entre la literatura y las opiniones de los expertos respecto a la importancia de la gamificación. Mientras que la gamificación aparecía como una estrategia pedagógica innovadora en el 40% de los artículos analizados, solo 4 de los 15 expertos la consideraron una prioridad para el futuro de los STI.

Los expertos también enfatizaron la necesidad de un mayor enfoque en la formación docente y la integración de los STI en los entornos educativos existentes, un aspecto que estaba relativamente subrepresentado en la literatura analizada.

La triangulación de los datos cuantitativos, el análisis cualitativo de la literatura y las perspectivas de los expertos reveló una convergencia en la importancia de la personalización del aprendizaje y las consideraciones éticas como áreas clave para el futuro desarrollo de los STI. Sin embargo, también se identificaron brechas significativas, particularmente en la investigación sobre la implementación práctica y a gran escala de estos sistemas en diversos contextos educativos.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados de este estudio ofrecen una perspectiva integral sobre las tendencias actuales y los desafíos futuros en la integración de tecnología y pedagogía en los Sistemas de Tutoría Inteligente (STI), revelando un panorama más complejo y matizado que el anticipado inicialmente.

El análisis bibliométrico destaca una concentración geográfica significativa de la investigación en STI, con un claro dominio de países como Estados Unidos, China y Reino Unido. Este hallazgo subraya la urgente necesidad de diversificar la investigación para incorporar perspectivas de diferentes contextos culturales y educativos, especialmente de países en desarrollo. La inclusión de estas diversas perspectivas es crucial para garantizar que los STI sean verdaderamente inclusivos y adaptables a las variadas realidades educativas globales, como lo sugieren Nkambou et al. (2010) en su análisis de los avances en sistemas de tutoría inteligente.

La predominancia del constructivismo y el aprendizaje adaptativo como marcos teóricos principales en la literatura analizada (Jonassen, 1991; Essa, 2016) contrasta notablemente con la emergencia de enfoques híbridos señalada por los expertos entrevistados. Esta discrepancia evidencia una brecha entre la teoría y la práctica en el desarrollo de STI, apuntando hacia la necesidad de investigaciones que exploren la efectividad de estos enfoques híbridos en contextos reales de aprendizaje. La exploración y validación de estos enfoques pedagógicos híbridos, que combinan las fortalezas de diferentes teorías del aprendizaje, se perfila como un área crítica para futuras investigaciones, en línea con las observaciones de Graesser et al. (2018) sobre la evolución de los STI.

Un hallazgo particularmente relevante es la fuerte correlación observada entre las estrategias de personalización del aprendizaje y las consideraciones éticas. Este vínculo, no anticipado en la introducción, subraya la complejidad de implementar sistemas altamente personalizados mientras se salvaguarda la privacidad y se garantiza la equidad. Futuros desarrollos en STI deberán abordar este dilema de manera proactiva, posiblemente a través de enfoques de "ética por diseño" en la arquitectura de estos sistemas. El desarrollo de marcos éticos integrales

que aborden la tensión entre personalización y privacidad se presenta como un desafío crucial para el campo, como lo señalan Arroyo et al. (2014) en su trabajo sobre sistemas multimedia de tutoría inteligente.

La discrepancia entre la prominencia de la gamificación en la literatura y la opinión de los expertos emerge como otro hallazgo significativo. Mientras que la literatura sugiere un entusiasmo por la gamificación como estrategia pedagógica innovadora (Schroeder & Adesope, 2014), los expertos mostraron un escepticismo notable. Esta divergencia apunta a la necesidad de investigaciones más rigurosas sobre la efectividad a largo plazo de las estrategias de gamificación en los STI, más allá de los efectos motivacionales a corto plazo, un aspecto que VanLehn (2011) también destacó en su comparación de diferentes sistemas de tutoría.

Los desafíos de implementación, especialmente en términos de escalabilidad y formación docente, se revelan como preocupaciones centrales tanto en la literatura como en las entrevistas con expertos. Este hallazgo subraya la importancia de considerar no solo los aspectos técnicos y pedagógicos de los STI, sino también los contextos organizacionales y humanos en los que se implementarán. La priorización de la investigación sobre estrategias de implementación efectiva, incluyendo la formación docente y la integración en sistemas educativos existentes, se perfila como un área crucial para el avance del campo, en consonancia con las observaciones de Koedinger y Aleven (2007) sobre el dilema de la asistencia en los tutores cognitivos.

La creciente atención a las consideraciones éticas y sociales, evidenciada tanto en el análisis bibliométrico como en las entrevistas, revela una maduración del campo. Sin embargo, la brecha entre el reconocimiento de estas preocupaciones y la implementación de soluciones concretas sugiere la necesidad de marcos éticos más robustos y aplicables en el desarrollo y despliegue de STI, un aspecto que Essa (2016) anticipó en su visión del futuro de los sistemas de aprendizaje adaptativo.

En conclusión, este estudio revela que la integración efectiva de tecnología y pedagogía en los STI es un desafío multifacético que va más allá de las consideraciones técnicas y pedagógicas inicialmente anticipadas. Los hallazgos subrayan la necesidad de un enfoque holístico que abarque la diversificación de la investigación, la exploración de enfoques pedagógicos híbridos, el desarrollo de marcos éticos integrales, la reevaluación del papel de la gamificación, y la priorización de estrategias de implementación efectiva. El fomento de la colaboración interdisciplinaria emerge como un elemento clave para abordar la complejidad de estos desafíos identificados, como lo sugieren Azevedo y Aleven (2013) en su trabajo sobre metacognición y tecnologías de aprendizaje.

Estas conclusiones representan una contribución significativa al campo, proporcionando una hoja de ruta para futuras investigaciones y desarrollos en STI que vayan más allá de las expectativas iniciales. Al abordar de manera integral los desafíos emergentes en la intersección de la tecnología, la pedagogía y la ética, este estudio sienta las bases para el desarrollo de STI más efectivos, éticos e inclusivos, capaces de responder a las diversas necesidades educativas del siglo XXI, en línea con la visión de futuro propuesta por Magnisalis et al. (2011) para los sistemas adaptativos e inteligentes de apoyo al aprendizaje colaborativo.

5. REFERENCIAS

- Arroyo, I., Burleson, W., Tai, M., Muldner, K., & Woolf, B. P. (2014). A multimedia intelligent tutoring system for scaffolding self-regulated learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(2), 168-207. <https://doi.org/10.1007/s40593-013-0007-9>
- Azevedo, R., & Aleven, V. (2013). Metacognition and Learning Technologies: An Overview of Current Interdisciplinary Research. In *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies* (pp. 1-16). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-5546-3_1
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated Cognition and the Culture of Learning. *Educational Researcher*, 18(1), 32-42. <https://doi.org/10.3102/0013189X018001032>
- Conati, C., Gertner, A., & VanLehn, K. (2002). Using Bayesian Networks to Manage Uncertainty in Student Modeling. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12(4), 371-417. <https://doi.org/10.1023/A:1021258506583>
- Essa, A. (2016). A Possible Future for Next Generation Adaptive Learning Systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(2), 801-819. <https://doi.org/10.1007/s40593-016-0101-y>
- Graesser, A. C., Chipman, P., Haynes, B. C., & Olney, A. (2005). AutoTutor: An Intelligent Tutoring System with Mixed-Initiative Dialogue. *IEEE Transactions on Education*, 48(4), 612-618. <https://doi.org/10.1109/TE.2005.856149>
- Graesser, A. C., Hu, X., & Sottolare, R. (2018). Intelligent Tutoring Systems. In F. Fischer, C. E. Hmelo-Silver, S. R. Goldman, & P. Reimann (Eds.), *International Handbook of the Learning Sciences* (pp. 246-255). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315617572-24>
- Jonassen, D. H. (1991). Evaluating Constructivistic Learning. *Educational Technology*, 31(9), 28-33.
- Koedinger, K. R., & Aleven, V. (2007). Exploring the Assistance Dilemma in Experiments with Cognitive Tutors. *Educational Psychology Review*, 19(3), 239-264. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9049-0>
- Koedinger, K. R., & Corbett, A. T. (2006). Cognitive Tutors: Technology Bringing Learning Sciences to the Classroom. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (pp. 61-77). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.006>
- Koedinger, K. R., Anderson, J. R., Hadley, W. H., & Mark, M. A. (2003). Toward a Model of Collaboration and Tutoring in Problem-Solving. *Journal of Artificial Intelligence in Education*, 12(1), 47-63.
- Magnisalis, I., Demetriadis, S., & Karakostas, A. (2011). Adaptive and Intelligent Systems for Collaborative Learning Support: A Review of the Field. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 4(1), 5-20. <https://doi.org/10.1109/TLT.2011.2>
- Mayer, R. E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2nd ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511811678>

- Mitrovic, A., & Ohlsson, S. (1999). Evaluation of a Constraint-Based Tutor for a Database Language. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 10(3-4), 238-256.
- Nkambou, R., Mizoguchi, R., & Bourdeau, J. (2010). Advances in Intelligent Tutoring Systems. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-14363-2>
- Piaget, J. (1970). *Science of Education and the Psychology of the Child*. Orion Press.
- Roll, I., Aleven, V., McLaren, B. M., & Koedinger, K. R. (2007). Designing for Metacognition - Applying Cognitive Tutoring Principles to the Tutoring of Help Seeking. *Metacognition and Learning*, 2(2-3), 125-140. <https://doi.org/10.1007/s11409-007-9010-9>
- Schroeder, N. L., & Adesope, O. O. (2014). A Systematic Review of Pedagogical Agents' Persona, Motivation, and Cognitive Load Implications for Learners. *Journal of Research on Technology in Education*, 46(3), 229-251.
- Schwartz, D. L., Chase, C. C., Oppezzo, M. A., & Chin, D. B. (2011). Practicing Versus Inventing with Contrasting Cases: The Effects of Telling First on Learning and Transfer. *Journal of Educational Psychology*, 103(4), 759-775. <https://doi.org/10.1037/a0025140>
- Shute, V. J. (2008). Focus on Formative Feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Soh, L. K., Tan, L. C., Wong, J., Lim, M., & Chen, X. (2017). A Pedagogical Framework for Integrating Effective Tutoring Strategies in Intelligent Tutoring Systems. In *Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education* (pp. 196-205). Asia-Pacific Society for Computers in Education.
- Soller, A., Martínez, A., Jermann, P., & Muehlenbrock, M. (2005). From Mirroring to Guiding: A Review of State of the Art Technology for Supporting Collaborative Learning. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15(4), 261-290. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/1434935.1434937>
- Tsai, C. C., Shen, P. D., & Lu, Y. J. (2020). Adaptive Computer-Assisted Learning Systems: Behavior, Motivation and Performance. *Educational Technology & Society*, 23(2), 90-106.
- VanLehn, K. (2011). The Relative Effectiveness of Human Tutoring, Intelligent Tutoring Systems, and Other Tutoring Systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197-221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>

Para citar este artículo:

Ruiz Muñoz, G. F. Integración de la tecnología y la pedagogía en los sistemas de tutoría inteligente. *Eduotec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (89), 144-155. <https://doi.org/10.21556/edutec.2024.89.3199>