

ENSEÑANZA DE LA MATEMÁTICA: TENDENCIAS DIDÁCTICAS Y TECNOLÓGICAS DESDE LA EDUCACIÓN 4.0

Teaching Mathematics: didactic and technological trends in Education 4.0

Dr. C. Rosario del Pilar Gibert-Delgado ^{*1}, <https://orcid.org/0000-0001-8227-8505>

Dr. C. Gregory Edison Naranjo-Vaca ², <https://orcid.org/0000-0001-9927-1182>

MSc. Segundo Fabián Siza-Moposita ³, <https://orcid.org/0000-0001-8036-6974>

Dr. C. Alexander Gorina-Sánchez ⁴, <https://orcid.org/0000-0001-8752-885X>

¹ Instituto Politécnico Nacional de México, México

² Universidad Bolivariana del Ecuador, Ecuador

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador

⁴ Universidad de Oriente, Cuba

*Autor para correspondencia. email rgibert@ipn.mx

Para citar este artículo: Gibert Delgado, R. P., Naranjo Vaca, G. E., Siza Moposita, S. F. y Gorina Sánchez, A. (2024). Enseñanza de la Matemática: tendencias didácticas y tecnológicas desde la Educación 4.0. *Maestro y Sociedad*, 21(1), 1-12. <https://maestrosociedad.uo.edu.cu>

RESUMEN

Introducción: El desarrollo tecnológico y los avances en la didáctica de la matemática han transformado la forma tradicional de enseñar esta ciencia. Sin embargo, estos recursos aún no se utilizan ampliamente en la educación superior para lograr mayor efectividad en el aprendizaje de los estudiantes. Objetivo: Presentar las principales tendencias a nivel internacional de la enseñanza de la matemática y el uso de la tecnología en la educación superior. Materiales y métodos: Se realizó una exploración del impacto de la Educación 4.0 en la enseñanza de la matemática, para ello se utilizaron como fuentes de información investigaciones académicas, publicaciones, conferencias, opiniones de expertos y prácticas educativas. Resultados: Fueron identificadas las tendencias más destacadas de la didáctica de la matemática y la aplicación de la tecnología a nivel internacional. Discusión: La Educación 4.0 permite a docentes y estudiantes un mayor aprovechamiento de los avances didácticos y tecnológicos existentes que pueden optimizar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática. Conclusiones: Es vital que los docentes utilicen creativamente los recursos didácticos y tecnológicos presentados en este trabajo para mejorar la enseñanza de la matemática en la educación superior, potenciando el aprendizaje significativo y desarrollador de los estudiantes universitarios.

Palabras clave: enseñanza aprendizaje de la matemática, tendencias didácticas, educación 4.0, inteligencia artificial, educación superior.

ABSTRACT

Introduction: Technological development and advances in the didactics of mathematics have transformed the traditional way of teaching this subject. However, these resources are not yet widely used in higher education to achieve greater effectiveness in student learning. Objective: The objective of this study is to present the main international trends in the teaching of mathematics and the use of technology in higher education. Materials and Methods: To achieve this objective, an exploration of the impact of Education 4.0 on the teaching of mathematics was conducted. Academic research, publications, conferences, expert opinions, and educational practices were used as sources of information. Results: As a result of this exploration, the most prominent trends in the didactics of mathematics and the application of technology at the international level were identified. Discussion: Education 4.0 allows teachers and students to make better use of existing didactic and technological advances, which can optimize the teaching and learning process in mathematics. Conclusions: It is vital for teachers to creatively use the didactic and technological resources presented

in this work to improve the teaching of mathematics in higher education, enhancing meaningful and developmental learning for university students.

Keywords: teaching and learning of mathematics, didactic trends, education 4.0, artificial intelligence, higher education.

Recibido: 19/10/2023 Aprobado: 4/12/2023

INTRODUCCIÓN

La didáctica de la matemática es fundamental en la educación superior (ES). Su objetivo es enseñar de manera efectiva los conceptos matemáticos, considerando las necesidades de los estudiantes y el contexto educativo (Alonso et al., 2021), ayudando a promover un aprendizaje significativo, el pensamiento crítico y la resolución de problemas (Alonso et al., 2018).

La relación entre la didáctica de la matemática y el proceso de enseñanza-aprendizaje es clave. Los docentes utilizan herramientas y estrategias para planificar, desarrollar y evaluar las actividades de enseñanza (Iglesias et al., 2019). Se ocupan además de identificar las dificultades de los estudiantes y desarrollar intervenciones pedagógicas (Gibert y Gorina, 2023).

En la educación 4.0, la integración de tecnologías digitales transforma los procesos educativos (Gibert et al., 2023; Vera, 2023; Udvaros y Forman, 2023). En la enseñanza de la matemática en la ES, la educación 4.0 mejora el aprendizaje significativo y desarrollador (Khoo et al., 2022; González-Pérez y Ramírez-Montoya, 2022).

La tecnología facilita la visualización de conceptos matemáticos complejos y promueve el aprendizaje activo y colaborador (Gorina et al., 2017). Además, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático personalizan el proceso de enseñanza de la matemática (O'Dea y O'Dea, 2023; Holmes et al., 2023). Mientras que los recursos educativos en línea permiten complementar las clases presenciales aportando un ecosistema digital de aprendizaje (Gibert y Gorina, 2023; Bedoya, 2022).

Actualmente, la didáctica de la matemática puede beneficiarse de la educación 4.0, a través de la integración de herramientas digitales, el aprendizaje activo y colaborativo, la personalización del proceso de enseñanza y el acceso a recursos en línea que potencian el desarrollo de habilidades matemáticas en los estudiantes (Gibert et al., 2023, Gibert y Gorina, 2023).

Sin embargo, tanto estudiantes como profesores necesitan conocer y aplicar creativamente las principales tendencias internacionales que ha experimentado el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES, con el propósito de perfeccionarlo continuamente (González-Pérez y Ramírez-Montoya, 2022; Van Vaerenbergh y Pérez-Suay, 2022). Pues, tanto el desarrollo tecnológico como el avance experimentado por la didáctica de la matemática, han modificado la forma tradicional de concebir este proceso, haciéndolo cada vez más eficiente (Khoo, 2022).

En consecuencia, el objetivo de este trabajo fue identificar las principales tendencias internacionales de la didáctica de la matemática y el uso de la tecnología en la ES. En especial, se centró en la exploración del impacto de la Educación 4.0 en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática. Que se logre este objetivo es importante, porque tanto profesores como estudiantes de la ES dispondrán de una información valiosa, que les posibilitará adecuarse a las nuevas tendencias internacionales del proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio aplicó una metodología compuesta por las cuatro etapas siguientes:

1. Identificar las principales tendencias internacionales de la didáctica de la matemática en la ES.

Fuentes de información consultadas:

- Investigación académica: análisis de estudios e investigaciones académicas recientes en educación matemática en revistas especializadas.
- Publicaciones y conferencias: revisión de publicaciones y presentaciones en conferencias relevantes a nivel internacional.
- Documentos y políticas educativas: examen de documentos y políticas educativas emitidos por organismos gubernamentales e instituciones educativas regionales e internacionales.

- Experiencia de expertos: consulta a expertos en educación matemática de la ES.

2. Identificar tendencias tecnológicas en la enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES.

Fuentes de información consultadas:

- Investigación académica y publicaciones científicas: revisión de literatura en educación matemática y tecnología educativa.
- Conferencias y eventos educativos: participación en conferencias y eventos relacionados.
- Organizaciones e instituciones educativas: análisis de iniciativas y trabajos de instituciones líderes.
- Consulta a expertos y profesionales: entrevistas a expertos en educación matemática y tecnología educativa.
- Observación de prácticas educativas: análisis de uso de tecnologías en entornos reales.

3. Explorar las formas de utilizar la IA en la enseñanza de la matemática en la ES. Indicadores: relevancia, personalización, retroalimentación inmediata, acceso a recursos, análisis de datos y seguimiento del progreso, interactividad, resolución de problemas complejos, automatización de tareas repetitivas, colaboración y aprendizaje social, e integración con herramientas existentes.

4. Seleccionar recursos en línea para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES. Indicadores: calidad del contenido, interactividad y participación, retroalimentación y evaluación, adaptabilidad y personalización, accesibilidad y usabilidad.

RESULTADOS

Tendencias de la didáctica de la matemática en la ES

Las tendencias encontradas, que buscan mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje en la ES son:

1. Aprendizaje activo:

- Explicación de la tendencia: fomenta la participación activa de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, promoviendo la construcción de conocimiento a través de la exploración, la reflexión y la resolución de problemas.
- Enfoque teórico: constructivismo, aprendizaje significativo.
- Relación con la tecnología: brinda herramientas interactivas, simulaciones y actividades prácticas donde los estudiantes participan activamente en su aprendizaje.
- Principales ventajas: estimula el pensamiento crítico, la autonomía y la creatividad de los estudiantes, promoviendo una comprensión más profunda de los conceptos matemáticos.
- Posibles limitaciones: requiere planificación cuidadosa y recursos tecnológicos adecuados que garanticen que los estudiantes se involucren activamente y se comprometan.

2. Uso de la tecnología:

- Explicación de la tendencia: implica integrar herramientas digitales, software y aplicaciones en la enseñanza aprendizaje de conceptos matemáticos en la didáctica de la matemática.
- Enfoque teórico: tecnología educativa, constructivismo.
- Relación con la tecnología: es el elemento central de esta tendencia, se utiliza como medio para presentar, explorar y practicar interactivamente conceptos matemáticos.
- Principales ventajas: permite visualizar y manipular conceptos matemáticos complejos, proporciona retroalimentación instantánea y facilita la personalización del aprendizaje.
- Posibles limitaciones: requiere acceso a dispositivos tecnológicos y capacitación docente adecuada para utilizar eficazmente las herramientas digitales en el aula.

3. Aprendizaje basado en proyectos:

- Explicación de la tendencia: implica que los estudiantes trabajen en proyectos prácticos y significativos, aplicando los conceptos y habilidades adquiridos en un contexto real.

- Enfoque teórico: constructivismo, aprendizaje situado.
- Relación con la tecnología: facilita la investigación, recopilación y análisis de datos, la presentación de proyectos y la colaboración en línea entre los estudiantes.
- Principales ventajas: promueve la aplicación práctica de conceptos matemáticos, desarrolla habilidades de resolución de problemas y fomenta el trabajo en equipo y la colaboración.
- Posibles limitaciones: requiere una planificación cuidadosa que asegure la alineación entre proyectos y objetivos de aprendizaje matemático, y la gestión efectiva del tiempo y recursos.

4. Evaluación formativa:

- Explicación de la tendencia: implica la recopilación de información sobre el progreso de los estudiantes durante el proceso de aprendizaje, con el objetivo de brindar retroalimentación continua y orientación para mejorar su comprensión matemática.
- Enfoque teórico: constructivismo, teoría de la evaluación formativa.
- Relación con la tecnología: facilita la recopilación y análisis de datos, el seguimiento del progreso del estudiante y la generación de retroalimentación personalizada.
- Principales ventajas: permite identificar fortalezas y debilidades de estudiantes, brinda retroalimentación oportuna, y promueve la autorreflexión y el aprendizaje metacognitivo.
- Posibles limitaciones: requiere una planificación cuidadosa y la selección de herramientas tecnológicas adecuadas para asegurar una evaluación auténtica y significativa.

5. Personalización del aprendizaje:

- Explicación de la tendencia: implica adaptar el proceso de enseñanza y los recursos educativos a las necesidades e intereses individuales de los estudiantes.
- Enfoque teórico: constructivismo, teoría del aprendizaje centrado en el estudiante.
- Relación con la tecnología: facilita la personalización del aprendizaje al proporcionar recursos educativos adaptativos, plataformas de aprendizaje en línea y herramientas de seguimiento del progreso del estudiante.
- Principales ventajas: los estudiantes aprenden a su propio ritmo en sus áreas de interés y reciben apoyo individualizado, mejorando la motivación y el rendimiento académico.
- Posibles limitaciones: requiere una infraestructura tecnológica sólida, recursos digitales de calidad y un enfoque pedagógico que tenga en cuenta las necesidades individuales.

6. Aprendizaje colaborativo:

- Explicación de la tendencia: implica que los estudiantes trabajen en grupos, compartiendo ideas, resolviendo problemas y construyendo conocimiento de manera conjunta.
- Enfoque teórico que la sustenta: constructivismo, teoría sociocultural del aprendizaje.
- Relación con la tecnología: facilita la colaboración en línea, proporcionando herramientas de comunicación, plataformas de trabajo colaborativo y espacios virtuales para compartir recursos.
- Principales ventajas: fomenta el pensamiento crítico, la comunicación efectiva y el trabajo en equipo, promoviendo el aprendizaje social, la construcción colectiva del conocimiento.
- Posibles limitaciones: requiere una planificación cuidadosa que asegure la participación equitativa de los estudiantes y sus habilidades de colaboración y comunicación efectivas.

7. Enfoque en la resolución de problemas:

- Explicación de la tendencia: implica que los estudiantes enfrenten situaciones desafiantes y auténticas que requieren el uso de habilidades matemáticas para encontrar soluciones.
- Enfoque teórico: constructivismo, teoría del aprendizaje basado en problemas.
- Relación con la tecnología: proporciona herramientas interactivas, simulaciones y software especializado, lo que apoya la resolución de problemas matemáticos, ayudando a los estudiantes a visualizar conceptos y explorar diferentes estrategias.

- Principales ventajas: desarrolla habilidades de pensamiento crítico, razonamiento lógico y aplicación de conceptos matemáticos en contextos reales (transferencia de conocimiento).
- Posibles limitaciones: requiere una selección adecuada de problemas desafiantes y una guía docente efectiva para apoyar a los estudiantes en el proceso de resolución de problemas.

8. Uso de la modelización matemática:

- Explicación de la tendencia: implica el uso de modelos y representaciones para describir y analizar situaciones del mundo real, aplicando conceptos matemáticos en contextos prácticos.
- Enfoque teórico: constructivismo, enfoque de modelización matemática.
- Relación con la tecnología: proporciona herramientas de visualización, software de simulación y aplicaciones interactivas para crear y explorar modelos matemáticos.
- Principales ventajas: fomenta la aplicación práctica de conceptos matemáticos, desarrolla habilidades de modelado y resolución de problemas, y promueve la conexión con el mundo real.
- Posibles limitaciones: requiere una comprensión sólida de los conceptos matemáticos subyacentes y una guía docente adecuada para la modelización por parte de los estudiantes.

9. Enseñanza basada en la indagación:

- Explicación de la tendencia: implica que los estudiantes sean protagonistas de su propio aprendizaje, formulando preguntas, investigando, experimentando y construyendo conocimiento de manera activa.
- Enfoque teórico: constructivismo, enfoque indagatorio.
- Relación con la tecnología: proporciona acceso a recursos digitales y bases de datos y entornos virtuales de colaboración que facilitan indagar y explorar conceptos matemáticos.
- Principales ventajas: promueve el pensamiento crítico, razonamiento lógico y autonomía del estudiante, alentando su curiosidad y capacidad de formular y responder preguntas.
- Posibles limitaciones: requiere una buena planificación y diseño de actividades de indagación, así como el apoyo y la guía adecuada por parte del docente para asegurar que los estudiantes desarrollen habilidades de investigación y análisis de manera efectiva.

10. Desarrollo de competencias transversales:

- Explicación de la tendencia: implica el enfoque en habilidades y competencias que trascienden la matemática, como son: el pensamiento crítico, resolución de problemas, comunicación, colaboración y pensamiento computacional.
- Enfoque teórico: enfoque basado en competencias, teoría de habilidades transversales.
- Relación con la tecnología: puede ser utilizada como herramienta para desarrollar y aplicar estas competencias transversales, ya sea a través de la resolución de problemas con software especializado, la comunicación en línea o el trabajo colaborativo en entornos virtuales.
- Principales ventajas: prepara a los estudiantes para enfrentar desafíos del mundo real, promueve habilidades para el siglo XXI y facilita la transferencia de conocimiento.
- Posibles limitaciones: requiere una planificación y diseño curricular que integre con coherencia las competencias transversales, y una evaluación efectiva que mida su desarrollo.

Tendencias tecnológicas en la enseñanza y aprendizaje de la matemática en la ES

Entre las principales tendencias tecnológicas sobresalen las siguientes:

1. Gamificación y Realidad Virtual:

- Explicación de la tendencia tecnológica: se utilizan para crear entornos interactivos y envolventes que hacen que el aprendizaje de las matemáticas sea más atractivo y relevante.
- Perspectiva didáctica: fomentan la participación activa de los estudiantes, promoviendo la resolución de problemas, la colaboración y la autoexploración.

- Principales ventajas: ofrecen un enfoque práctico y visualmente estimulante de los conceptos matemáticos, lo que facilita la comprensión y retención de los mismos.
- Posibles limitaciones: puede ser costosa su implementación en algunos entornos educativos.

2. Aprendizaje adaptativo y personalizado:

- Explicación de la tendencia tecnológica: utilizan algoritmos y datos del estudiante para proporcionar contenido y actividades personalizados, adaptados a sus necesidades y habilidades.
- Perspectiva didáctica: brindan un enfoque individualizado donde el estudiante pueden avanzar a su propio ritmo y recibir retroalimentación específica para su progreso.
- Principales ventajas: brinda a los estudiantes la oportunidad de abordar conceptos matemáticos de manera más efectiva, ya que se ajusta a su nivel de conocimiento y estilo de aprendizaje.
- Posibles limitaciones: requiere una infraestructura tecnológica sólida y la disponibilidad de datos de los estudiantes, lo que puede ser un desafío en algunos entornos educativos.

3. Herramientas de visualización de datos:

- Explicación de la tendencia tecnológica: permiten a los estudiantes analizar conjuntos de datos matemáticos de manera interactiva, facilitando la comprensión de patrones y relaciones.
- Perspectiva didáctica: fomentan el pensamiento crítico y la capacidad de análisis al permitir a los estudiantes representar visualmente datos complejos y realizar inferencias matemáticas.
- Principales ventajas: ayudan a los estudiantes a desarrollar habilidades de pensamiento analítico y promueven la comprensión de conceptos matemáticos.
- Posibles limitaciones: las herramientas de visualización de datos pueden requerir conocimientos previos de programación o análisis de datos, lo que podría ser un obstáculo para estudiantes.

4. IA y Aprendizaje Automático:

- Explicación de la tendencia tecnológica: se utilizan para desarrollar sistemas que pueden analizar datos matemáticos, identificar patrones y proporcionar recomendaciones.
- Perspectiva didáctica: ayudan a los estudiantes a resolver problemas matemáticos complejos al proporcionar asistencia y retroalimentación adaptada a sus necesidades individuales.
- Principales ventajas: mejora la eficiencia y la efectividad del aprendizaje de las matemáticas al ofrecer recursos adaptados y soluciones paso a paso.
- Posibles limitaciones: pueden tener errores en la precisión de las respuestas o la comprensión de conceptos matemáticos complejos, puesto que están en desarrollo actualmente.

5. Plataformas de aprendizaje en línea y educación a distancia:

- Explicación de la tendencia tecnológica: permiten a los estudiantes acceder a materiales de aprendizaje, interactuar con instructores y colaborar con otros estudiantes de forma virtual.
- Perspectiva didáctica: brindan flexibilidad y acceso a recursos educativos para estudiantes de todo el mundo, permitiendo el aprendizaje continuo.
- Principales ventajas: facilitan el acceso a cursos avanzados, permitiendo el aprendizaje autodirigido y la colaboración en línea.
- Posibles limitaciones: la falta de interacción cara a cara puede limitar la retroalimentación inmediata y la construcción de relaciones entre estudiantes y profesores.

6. Aplicaciones móviles y dispositivos portátiles:

- Explicación de la tendencia tecnológica: ofrecen herramientas y recursos matemáticos accesibles desde cualquier lugar y momento.
- Perspectiva didáctica: estas tecnologías permiten a los estudiantes practicar habilidades matemáticas, resolver problemas y recibir retroalimentación instantánea.
- Principales ventajas: facilita la transferencia de habilidades matemáticas a situaciones reales.

- Posibles limitaciones: la dependencia excesiva de los dispositivos móviles puede distraer a los estudiantes y dificultar la concentración en el aprendizaje de las matemáticas.

7. Realidad aumentada y realidad mixta:

- Explicación de la tendencia tecnológica: combinan elementos virtuales con el entorno físico, permitiendo al estudiante interactuar con objetos y conceptos matemáticos de manera tangible.
- Perspectiva didáctica: estas tecnologías ofrecen experiencias inmersivas y manipulativas, lo que facilita la comprensión de conceptos abstractos y la resolución de problemas matemáticos.
- Principales ventajas: brindan una representación visual y táctil de conceptos matemáticos, fomentando la experimentación y el pensamiento crítico.
- Posibles limitaciones: puede requerir hardware especializado y ser costosa en algunos casos.

Potencialidades de la IA en la enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES

Las principales potencialidades develadas se presentan a continuación:

1. Tutoría virtual personalizada:

- Uso de la IA: los sistemas de IA proporcionan tutoría virtual personalizada, identificando las debilidades y fortalezas de los estudiantes en matemáticas y ofreciendo recomendaciones.
- Papel del profesor: supervisa y guía el proceso de tutoría virtual, asegurando que los estudiantes aprovechen las recomendaciones y explicaciones proporcionadas por la IA.
- Papel del estudiante: interactúan con la tutoría virtual, realizando ejercicios, recibiendo retroalimentación y siguiendo las instrucciones proporcionadas por el sistema de IA.
- Impacto esperado: comprensión y rendimiento de los estudiantes en matemáticas, permitiéndoles avanzar a su propio ritmo y abordar áreas de dificultad de manera efectiva.

2. Generación automática de ejercicios y evaluaciones:

- Uso de la IA: puede generar automáticamente ejercicios y evaluaciones matemáticas adaptadas al nivel de conocimiento y habilidades de los estudiantes.
- Papel del profesor: puede utilizar los recursos generados por la IA para crear bancos de ejercicios y evaluaciones, personalizándolos según las necesidades y objetivos del curso.
- Papel del estudiante: resuelven los ejercicios y realizan las evaluaciones generadas por la IA, recibiendo retroalimentación inmediata sobre su desempeño.
- Impacto esperado: optimiza el tiempo del profesor y brinda a estudiantes oportunidades para aplicar y reforzar conceptos matemáticos, mejorando habilidades de resolución de problemas.

3. Análisis de datos para la retroalimentación y adaptación:

- Uso de la IA: analiza datos del desempeño matemático de los estudiantes para proporcionar retroalimentación personalizada y adaptar la enseñanza a necesidades individuales.
- Papel del profesor: utiliza los datos analizados por la IA para comprender el progreso y las áreas de dificultad de los estudiantes, ajustando su enfoque de enseñanza en consecuencia.
- Papel del estudiante: reciben retroalimentación basada en datos sobre su desempeño, identificando áreas en las que necesitan mejorar y ajustando su enfoque de estudio.
- Impacto esperado: promueven un aprendizaje personalizado y una mejora continua en el rendimiento de los estudiantes en matemáticas.

4. Aplicaciones y simulaciones interactivas:

- Uso de la IA: permiten explorar conceptos matemáticos de manera práctica y visual.
- Papel del profesor: como herramientas de enseñanza para ilustrar y demostrar conceptos matemáticos de manera más efectiva.

- Papel del estudiante: interactúan con las aplicaciones y simulaciones, experimentando y resolviendo problemas matemáticos en un entorno práctico y estimulante.
- Impacto esperado: fomentan el aprendizaje activo y la comprensión profunda de conceptos matemáticos, permitiendo a los estudiantes visualizar y experimentar fenómenos matemáticos.

5. Plataformas de aprendizaje en línea basadas en IA:

- Uso de la IA: ofrecen cursos y materiales educativos en matemáticas, adaptando el contenido y las actividades según las necesidades individuales de los estudiantes.
- Papel del profesor: utilizar estas plataformas como recursos complementarios o parte integral de la enseñanza en matemática, monitoreando el progreso de estudiantes y brindando apoyo.
- Papel del estudiante: acceder a lecciones, materiales de estudio y actividades interactivas en matemáticas, realizando seguimiento de su progreso y participando en discusiones en línea.
- Impacto esperado: brindan flexibilidad y accesibilidad a los estudiantes, permitiéndoles estudiar desde cualquier lugar y en cualquier momento, y adaptando el contenido a sus necesidades.

6. Asistentes virtuales de matemática:

- Uso de la IA: responder preguntas y brindar explicaciones sobre conceptos matemáticos, actuando como compañeros de estudio.
- Papel del profesor: recomendar o utilizar asistentes virtuales para los estudiantes, complementando la enseñanza y el apoyo adicional en la resolución de problemas matemáticos.
- Papel del estudiante: interactúan con los asistentes virtuales, formulando preguntas y recibiendo respuestas y explicaciones detalladas sobre conceptos matemáticos.
- Impacto esperado: brindan acceso a explicaciones en cualquier momento, mejorando la comprensión y resolución de problemas matemáticos.

7. Realidad virtual y realidad aumentada en matemáticas:

- Uso de la IA: permiten visualizar y explorar conceptos matemáticos en entornos inmersivos.
- Papel del profesor: uso de la realidad virtual y aumentada como herramientas de enseñanza, creando experiencias inmersivas y estimulantes para comprender conceptos matemáticos.
- Papel del estudiante: interactúan con la realidad virtual y la realidad aumentada, visualizando y manipulando objetos y fenómenos matemáticos en entornos tridimensionales.
- Impacto esperado: proporcionan una experiencia práctica y visualmente atractiva, mejorando la comprensión y el compromiso de los estudiantes con los conceptos matemáticos.

8. Sistemas de recomendación de recursos y actividades:

- Uso de la IA: analizan el perfil y el historial de los estudiantes para recomendar recursos y actividades matemáticas relevantes.
- Papel del profesor: recomendar recursos adicionales, como libros, artículos, videos y actividades, que complementen el plan de estudios y las necesidades individuales de estudiantes.
- Papel del estudiante: utiliza sistemas de recomendación para descubrir recursos y actividades adicionales que ayuden a profundizar en conceptos matemáticos y ampliar su conocimiento.
- Impacto esperado: facilitan el acceso a recursos y actividades relevantes y de calidad, aumentando la autonomía y aprendizaje de estudiantes.

9. Traducción automática de problemas matemáticos:

- Uso de la IA: se utiliza para traducir problemas matemáticos complejos a un lenguaje más accesible y comprensible para los estudiantes.
- Papel del profesor: puede utilizar la traducción automática de problemas matemáticos para proporcionar a los estudiantes ejercicios desafiantes pero comprensibles.

- Papel del estudiante: resuelven los problemas matemáticos traducidos, aplicando sus conocimientos y habilidades en la resolución de problemas.
- Impacto esperado: ayuda a abordar desafíos más avanzados, superando las barreras de lenguaje.

10. Detección automática de errores y sugerencias de corrección:

- Uso de la IA: puede analizar respuestas de los estudiantes a problemas matemáticos y detectar errores comunes, proporcionando retroalimentación inmediata y sugerencias de corrección.
- Papel del profesor: utiliza la detección automática de errores como una herramienta para identificar patrones de errores y brindar retroalimentación específica a cada estudiante.
- Papel del estudiante: recibe retroalimentación instantánea sobre sus errores y sugerencias de corrección, permite su autoevaluación y precisión en la resolución de problemas matemáticos.
- Impacto esperado: la detección automática de errores y las sugerencias de corrección aceleran el proceso de retroalimentación, mejorando la precisión y la comprensión de los estudiantes.

Por su parte, en la tabla 1 se describen diez recursos en línea relevantes para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en la ES, basándose en indicadores clave.

Tabla 1. Diez recursos en línea para perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en la ES

Recurso en línea	Calidad del contenido	Interactividad y participación	Retroalimentación y evaluación	Adaptabilidad y personalización	Accesibilidad y usabilidad	Enlace
Khan Academy	Ofrece lecciones y ejercicios matemáticos de alta calidad, en diferentes temas.	Proporciona videos interactivos, ejercicios prácticos y evaluaciones activas.	Brinda retroalimentación inmediata y evaluaciones formativas para monitorear el progreso.	Permite a los estudiantes aprender a su propio ritmo y personalizar su plan de estudio.	Accesible en línea y a través de aplicaciones móviles, con una interfaz fácil de usar.	https://www.khanacademy.org/
Mathway	Proporciona soluciones paso a paso para varios problemas matemáticos.	Permite a los estudiantes ingresar problemas y obtener soluciones detalladas.	Brinda retroalimentación inmediata sobre el proceso de resolución de problemas.	No es adaptable ni personalizable, ya que se centra en proporcionar soluciones específicas.	Accesible en línea y a través de aplicaciones móviles, con una interfaz intuitiva.	https://www.mathway.com/
Wolfram Alpha	Proporciona respuestas y soluciones precisas a preguntas y problemas matemáticos complejos.	Permite a los usuarios interactuar con los resultados y explorar diferentes enfoques.	No brinda retroalimentación personalizada, pero ofrece respuestas exactas y pasos intermedios.	No es adaptable ni personalizable, ya que se centra en proporcionar resultados precisos.	Accesible en línea y a través de la aplicación móvil, con una interfaz intuitiva y fácil de usar.	https://www.wolframalpha.com/
Brilliant	Ofrece lecciones interactivas y desafíos matemáticos para desarrollar habilidades en diferentes áreas.	Proporciona preguntas y problemas interactivos para una participación activa.	Brinda retroalimentación inmediata y evalúa el desempeño en los desafíos.	Permite a los estudiantes avanzar a su propio ritmo y personalizar su aprendizaje.	Accesible en línea y a través de aplicaciones móviles, con una interfaz intuitiva.	https://brilliant.org/
GeoGebra	Proporciona herramientas para la visualización y exploración de conceptos matemáticos.	Permite a los estudiantes crear construcciones geométricas, gráficos y simulaciones interactivas.	Brinda retroalimentación inmediata sobre las construcciones y los resultados.	No es adaptable ni personalizable, pero ofrece una amplia gama de herramientas matemáticas.	Accesible en línea y a través de la aplicación móvil, con una interfaz intuitiva y amigable.	https://www.geogebra.org/
Desmos	Proporciona herramientas de matemáticas interactivas para la visualización y exploración de conceptos matemáticos.	Permite a los estudiantes manipular gráficos, resolver ecuaciones y realizar construcciones geométricas.	No brinda retroalimentación y evaluación, pero facilita la experimentación y la comprensión visual.	No es adaptable ni personalizable, pero ofrece una amplia gama de herramientas matemáticas.	Accesible en línea y a través de la aplicación móvil, con una interfaz intuitiva y amigable.	https://www.desmos.com/

Symbolab	Proporciona soluciones paso a paso y explicaciones detalladas para problemas matemáticos.	Permite ingresar problemas y obtener soluciones y explicaciones detalladas.	Brinda retroalimentación sobre el proceso de resolución y ofrece soluciones alternativas.	No es adaptable ni personalizable, ya que se centra en proporcionar soluciones específicas.	Accesible en línea y a través de aplicaciones móviles, con una interfaz fácil de usar.	https://www.symbolab.com/
Mathisfun	Ofrece explicaciones y ejemplos claros de conceptos matemáticos.	Proporciona ejercicios interactivos para practicar y verificar la comprensión.	No ofrece interactividad y participación significativa más allá de los ejercicios interactivos.	Brinda retroalimentación inmediata a través de las respuestas proporcionadas en los ejercicios.	No es adaptable ni personalizable, pero cubre una amplia gama de temas matemáticos.	https://www.mathisfun.com/
Coursera	Ofrece cursos en línea en diversas áreas de la matemática.	Proporciona foros de discusión y actividades interactivas de participación.	Brinda retroalimentación y evaluación a través de tareas y exámenes calificados.	Permite a los estudiantes aprender a su propio ritmo y personalizar su plan de estudio.	Accesible en línea y a través de aplicación móvil, con una plataforma intuitiva.	https://www.coursera.org/
MIT Open-Course-Ware	Proporciona acceso gratuito a materiales de cursos del MIT.	No ofrece interactividad y participación directa, pero brinda acceso a conferencias y materiales.	No brinda retroalimentación y evaluación directa, pero los materiales del curso pueden tener ejercicios y soluciones.	No es adaptable ni personalizable, pero ofrece una amplia gama de recursos educativos.	Accesible en línea con una interfaz sencilla y fácil de navegar.	https://ocw.mit.edu/

DISCUSIÓN

Las tendencias didácticas develadas en el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES, son más abarcadoras y completas que los estudios precedentes examinados (Alonso *et al.*, 2018, 2021; Iglesias *et al.*, 2019; Koo *et al.*, Van Vaerenbergh y Pérez-Suay, 2022). A su vez, las tendencias tecnológicas reveladas que actualmente logran mayor impacto en el referido proceso, incluyen una sistematización más amplia que otros estudios previos consultados (Gibert y Gorina, 2023; Gibert *et al.*, 2023; Bedoya, 2022; Crompton y Burke, 2023).

En consecuencia, resulta de gran importancia para profesores y estudiantes del nivel superior conocer las tendencias didácticas y tecnológicas aportadas, dado que permiten adecuar los procesos de enseñanza-aprendizaje a los nuevos enfoques pedagógicos y tecnológicos existentes basados en el aprendizaje activo, la integración tecnológica, la evaluación formativa, la personalización, el desarrollo de competencias, entre otros, propiciando una mayor efectividad de la instrucción y educación matemática superior.

Por otro lado, los 10 recursos tecnológicos en línea que se proponen y describen, constituyen una guía valiosa para profesores y estudiantes, que no está disponible en estudios previos que trataron la aplicación de la tecnología al proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática en la ES (Khuo *et al.*, 2022; Alonso *et al.*, 2018, 2021; Gibert y Gorina, 2023; Iglesias *et al.*, 2019; Van Vaerenbergh y Pérez-Suay, 2022). Además, la mayoría de los estudios consultados se enfocaron en temas más generales como el aprendizaje activo, la evaluación formativa o el uso de la tecnología, sin un énfasis especial en las potencialidades de la IA, con numerosos productos desarrollados recientemente (Gibert *et al.*, 2023), y la descripción detallada de las plataformas digitales disponibles en línea. El presente estudio resulta novedoso, al sustentarse en la educación 4.0 y en las nuevas tendencias didácticas para orientar a profesores y estudiantes sobre el uso de recursos didácticos y tecnológicos relevantes que están en condiciones de perfeccionar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática en la ES.

CONCLUSIONES

Dentro de las tendencias de la didáctica de la matemática en la ES, las más destacadas a nivel internacional son el aprendizaje activo, la integración de tecnologías, el aprendizaje basado en proyectos, la evaluación formativa, la personalización del aprendizaje, el aprendizaje colaborativo, el enfoque en la resolución de problemas, el uso de la modelización matemática, la enseñanza basada en la indagación y el desarrollo de competencias transversales. Las mismas están orientadas a promover un proceso de enseñanza-aprendizaje más significativo, participativo y orientado a resultados.

En el marco de las tendencias tecnológicas más relevantes a nivel internacional, sobresalen la gamificación y realidad virtual, el aprendizaje adaptativo y personalizado, las herramientas de visualización de datos, la IA y el aprendizaje automático, las plataformas de aprendizaje en línea, las aplicaciones móviles y la realidad aumentada y mixta. Estas tendencias buscan enriquecer la enseñanza y aprendizaje de la matemática mediante recursos digitales que fomenten la participación activa, experiencia práctica y flexibilidad educativa.

El uso de la IA y otros recursos tecnológicos en línea permiten la tutoría virtual personalizada, la generación automática de ejercicios, el análisis de datos, las aplicaciones interactivas, el uso de plataformas en línea, entre otras facilidades. Por lo que la Educación 4.0 posibilita a los docentes aprovechar creativamente los avances didácticos y tecnológicos existentes, en función de optimizar el proceso de enseñanza de la matemática en la ES, potenciando el aprendizaje significativo y desarrollador en los estudiantes universitarios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alonso, I., Gorina, A., & Salgado, A. (2021). Sistematización de experiencias sobre la investigación en didáctica de la resolución de problemas matemáticos. *MENDIVE*, 19(1), 285-303. <http://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/2129>
2. Alonso, I., Gorina, A., Iglesias, N., & Álvarez, J. (2018). Pautas para implementar la enseñanza de la Matemática a través de la resolución de problemas. *Maestro y Sociedad*, 15(Especial 3), 66-81. <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/download/3610/3166>
3. Bedoya, D. R. (2022). Recursos digitales y tecnológicos en la educación 4.0 técnica y tecnológica. *Aula Virtual*, 3(8), 235-246. <https://aulavirtual.web.ve/revista/ojs/index.php/aulavirtual/article/download/193/422>
4. Crompton, H., & Burke, D. (2023). Artificial intelligence in higher education: the state of the field. *Int J Educ Technol High Educ*, 20(22). <https://doi.org/10.1186/s41239-023-00392-8>
5. Gibert, R. del P., & Gorina, A. (2023). Ecosistemas Digitales de Aprendizaje: una Alternativa para el Aprendizaje del Cálculo Diferencial e Integral. *Universidad Y Sociedad*, 15(4), 30-44. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/3950>
6. Gibert, R. del P., Gorina, A., Reyes, N. C., Tapia, E. V., & Siza, S. F. (2023). Educación 4.0: Enfoque innovador apoyado en la IA para la ES. *Universidad Y Sociedad*, 15(6), 60-74. <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4122>
7. González-Pérez, L. I., & Ramírez-Montoya, M. S. (2022). Components of Education 4.0 in 21st century skills frameworks: systematic review. *Sustainability*, 14(3), 1493. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/3/1493/pdf>
8. Gorina, A., Alonso, I., & Salgado, A. (2017). Visualización de información y de conocimiento en la formación universitaria. Un acercamiento desde la Pedagogía. *Conrado*, 13(59), 7-15. <http://eprints.rclis.org/33108/1/513-Texto%20del%20art%C3%ADculo-1176-3-10-20170919.pdf>
9. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2023). Artificial intelligence in education. In: *Data ethics: building trust: how digital technologies can serve humanity* (pp. 621-653). Globethics Publications. <https://doi.org/10.58863/20.500.12424/4276068>
10. Iglesias, N., Alonso, I., & Gorina, A. (2019). La interdisciplinariedad en la enseñanza-aprendizaje del cálculo diferencial e integral. Un instrumento didáctico para su concreción. *Magazine de la Ciencia*, 4 (1), 115-130. <https://revistas.utb.edu.ec/index.php/magazine/article/view/640/486>
11. Khoo, N. A. K. A. F., Ishak, N. A. H. N., Osman, S., Ismail, N., & Kurniati, D. (2022). *Computational thinking in mathematics education: A systematic review*. AIP Publishing. <https://doi.org/10.1063/5.0102618>
12. O'Dea, X. C., & O'Dea, M. (2023). Is Artificial Intelligence Really the Next Big Thing in Learning and Teaching in Higher Education? A Conceptual Paper. *Journal of University Teaching and Learning Practice*, 20(5). <http://dx.doi.org/10.53761/1.20.5.05>
13. Udvaros, J., & Forman, N. (2023). Artificial Intelligence and Education 4.0. In *INTED2023 Proceedings* (pp. 6309-6317). IATED. <https://doi.org/10.21125/inted.2023.1670>
14. Van Vaerenbergh, S., & Pérez-Suay, A. (2022). *A classification of artificial intelligence systems for mathematics education. In Mathematics Education in the Age of Artificial Intelligence: How Artificial Intelligence can Serve Mathematical Human Learning*. Springer International Publishing. <https://arxiv.org/pdf/2107.06015>
15. Vera, F. (2023). Integración de la IA en la ES: Desafíos y oportunidades. *Transformar*, 4(1), 17-34. <https://www.revistatransformar.cl/index.php/transformar/article/download/84/44>

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Declaración de responsabilidad de autoría

Los autores del manuscrito señalado, DECLARAMOS que hemos contribuido directamente a su contenido intelectual, así como a la génesis y análisis de sus datos; por lo cual, estamos en condiciones de hacernos públicamente responsable de él y aceptamos que sus nombres figuren en la lista de autores en el orden indicado. Hemos cumplido los requisitos éticos de la publicación mencionada, habiendo consultado la Declaración de Ética y mala praxis en la publicación.

Dr. C. Rosario del Pilar Gibert-Delgado, Dr. C. Gregory Edison Naranjo-Vaca: Proceso de revisión de literatura y redacción del artículo.

MSc. Segundo Fabián Siza-Moposita y Dr. C. Alexander Gorina-Sánchez: Revisión y corrección de la redacción del artículo.