

Las TIC en las matemáticas: Una nueva forma para enseñar cálculo diferencial e integral

ICT in mathematics: A new way to teach differential and Integral calculus

TIC em matemática: uma nova forma de ensinar cálculo diferencial e integral universitárias

Francisco Lazarte Martinez

Universidad Técnica de Oruro

franciscolazarte123@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-6615-5388>

Resumen

La constante innovación tecnológica, obliga a incorporar herramientas digitales como un apoyo en el proceso enseñanza aprendizaje de las matemáticas que ayuden a revertir la creencia de ser una ciencia de difícil comprensión, de ahí que, mediante las TIC se pueden diseñar estrategias didácticas que motiven al estudiante para aprender matemáticas, rompiendo así el paradigma tradicional donde el docente es el centro de la enseñanza por uno donde el estudiante tome un rol más protagónico en el proceso, en este contexto el propósito que tiene este trabajo es el de determinar si las estrategias didácticas apoyadas en las TIC son más efectivos que la metodología tradicional en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral a partir de un proceso metodológico de una revisión sistemática basada en la declaración PRISMA, protocolo que permitió extraer veinte artículos luego del proceso de búsqueda y filtrado, la información extraída en variables sustantivas y metodológicas reflejan una combinación de estudios cualitativos y cuantitativos, con una preponderancia de enfoques no experimentales. Los hallazgos revelan que las estrategias didácticas apoyadas en las TIC se articulan en torno a cuatro ejes temáticos, siendo la incorporación de la tecnología en el aula la más prominente, el autoaprendizaje, las metodologías activas y las competencias digitales, indicadores que permiten llegar a la conclusión de que las estrategias didácticas que incorporan el uso de tecnologías de información y comunicación en relación a la metodología tradicional

tienen mayor grado de efectividad en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral. En conjunto, la revisión subraya la importancia práctica de las estrategias didácticas que además brindan la oportunidad de adquirir competencias digitales necesarias en la sociedad actual donde los estudiantes comparten un espacio virtual que mejora la reflexión crítica, el trabajo en equipo y la interacción entre ellos y con el docente.

Palabras Claves

Tecnologías de la información y comunicación, software matemático, aprendizaje del cálculo, metodologías activas, competencias digitales.

Abstract

Constant technological innovation compels the integration of digital tools as a support in the teaching-learning process of mathematics, aiming to overturn the belief that it is a science of challenging comprehension. Thus, through ICT, pedagogical strategies can be designed to motivate students to learn mathematics, breaking the traditional paradigm where the teacher is the focal point of instruction, shifting to one where the student takes a more leading role in the process. In this context, the purpose of this work is to determine if teaching strategies supported by ICT are more effective than traditional methodology in learning differential and integral calculus, based on a methodological process of a systematic review following the PRISMA statement. This protocol allowed the extraction of twenty articles after the search and filtering process. The information extracted in substantive and methodological variables reflects a combination of qualitative and quantitative studies, with a prevalence of non-experimental approaches. The findings reveal that ICT-supported teaching strategies revolve around four thematic axes, with the incorporation of technology in the classroom being the most prominent, along with self-learning, active methodologies, and digital competencies. These indicators lead to the conclusion that teaching strategies incorporating the use of information and communication technologies, in comparison to traditional methodology, have a higher degree of effectiveness in learning differential and integral calculus. Overall, the review underscores the practical importance of teaching strategies that also provide the opportunity to acquire necessary digital competencies in today's society, where students share a virtual space that enhances critical reflection, teamwork, and interaction among themselves and with the teacher.

Keywords

Information and communication technologies, mathematical software, calculus learning, active methodologies, digital skills.

Resumo

A constante inovação tecnológica obriga à incorporação de ferramentas digitais como suporte no processo de ensino-aprendizagem de matemática, visando reverter a crença de que é uma ciência de difícil compreensão. Dessa forma, por meio das TICs, podem-se desenvolver estratégias pedagógicas que motivem o aluno a aprender matemática, rompendo com o paradigma tradicional onde o professor é o ponto central do ensino, para um em que o aluno assume um papel mais proeminente no processo. Nesse contexto, o propósito deste trabalho é determinar se as estratégias de ensino apoiadas por TICs são mais eficazes do que a metodologia tradicional no aprendizado de cálculo diferencial e integral, a partir de um processo metodológico de uma revisão sistemática baseada na declaração PRISMA, protocolo que permitiu extrair vinte artigos após o processo de busca e filtragem. As informações extraídas em variáveis substantivas e metodológicas refletem uma combinação de estudos qualitativos e quantitativos, com uma prevalência de abordagens não experimentais. Os resultados revelam que as estratégias de ensino apoiadas por TICs giram em torno de quatro eixos temáticos, sendo a incorporação de tecnologia na sala de aula a mais proeminente, seguida por autoaprendizagem, metodologias ativas e competências digitais. Esses indicadores levam à conclusão de que estratégias de ensino que incorporam o uso de tecnologias de informação e comunicação, em comparação com a metodologia tradicional, têm um grau mais elevado de eficácia no aprendizado de cálculo diferencial e integral. No geral, a revisão destaca a importância prática das estratégias de ensino que também proporcionam a oportunidade de adquirir competências digitais necessárias na sociedade atual, onde os alunos compartilham um espaço virtual que aprimora a reflexão crítica, o trabalho em equipe e a interação entre eles e com o professor.

Palavras-chave

Tecnologias de informação e comunicação, software matemático, aprendizagem do cálculo, metodologias ativas, competências digitais.

Introducción

El ser humano desde muy temprana edad cultiva el conocimiento matemático, después de aprender a hablar empieza a contar de forma intuitiva cantidades muy pequeñas que no son suficientes para afrontar tareas cuantitativas, para ello, recurre al conocimiento formal, donde la comprensión de las operaciones matemáticas se da a través de distintas etapas del desarrollo cognitivo (Piaget, 1967), mediante procedimientos le permite realizar operaciones aritméticas con cantidades grandes. Este conocimiento matemático se encuentra organizado desde el nivel inicial hasta el superior en el que se adquiere nociones matemáticas más complejas y se presume que garantizan el desarrollo del pensamiento abstracto.

Cabe señalar que Ausubel (1983) plantea que “el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva previa que se relaciona con la nueva información, debe entenderse por “estructura cognitiva”, al conjunto de conceptos, ideas que un individuo posee en un determinado campo del conocimiento”, es decir que el aprendizaje de los contenidos no son una simple memorización. Sin embargo, su consolidación se da por integración a los contenidos previos existentes en la estructura mental del individuo, es decir el estudiante aprenderá sólo lo que le interesa. De ahí que, existe la necesidad de incorporar en la enseñanza el uso de Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) que podría posibilitar la creación de expectativas para el desarrollo de los contenidos, especialmente si estas aplicaciones son compatibles en dispositivos móviles. No obstante, se debe tener en cuenta que existen posibles limitaciones en cuanto al impacto de estas estrategias didácticas apoyadas en las TIC en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral.

De ahí que, el presente trabajo tiene el objetivo de determinar si las estrategias didácticas apoyadas en las TIC son más efectivas que la metodología tradicional en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral, a partir de categorías que se identifiquen en el proceso de la revisión sistemática con base a las directrices establecidas en la declaración PRISMA de los artículos de investigación seleccionados que permitan establecer el cumplimiento del objetivo propuesto.

El problema del aprendizaje de las matemáticas

Se piensa que no solo el aprendizaje de las matemáticas es complicado, sino también su enseñanza, revertir esta creencia, requiere que los docentes modifiquen las estrategias de enseñanza, pues la enseñanza de las matemáticas contribuye en facilitar a los estudiantes conocimientos sobre conceptos, teoremas, reglas, relaciones y procedimientos; desarrollar habilidades en el uso de procedimientos para aplicar los conocimientos a la vida real; desarrollar el pensamiento matemático relacionado con el carácter abstracto y lógico deductivo de las matemáticas; desarrollar competencias para la aplicación independiente de los conocimientos matemáticos en la solución de problemas (Ballester, 1975).

Con respecto al pensamiento matemático, Gardner (2001) sostiene que una de las múltiples formas de inteligencia que posee una persona, es la inteligencia lógica – matemática y la describe como la capacidad que tiene un individuo para establecer conexiones lógicas, identificar patrones y realizar cálculos matemáticos, habilidades que le permiten la resolución de diferentes tipos de problemas matemáticos, deducción lógica y el análisis abstracto.

Es esencial subrayar que las matemáticas tienen su propio estilo de razonamiento y siendo una actividad esencialmente cognitiva, su contribución se expande al progreso del pensamiento en general, pero específicamente aporta al

pensamiento matemático, el cual está intrínsecamente vinculado con el desarrollo del pensamiento lógico deductivo, del pensamiento geométrico espacial y del pensamiento algorítmico, conexiones que determinan una base sólida para la resolución creativa de problemas.

Las TIC en la enseñanza de las matemáticas

El desarrollo acelerado de las tecnologías de la información y comunicación, conjuntamente a la crisis sanitaria que vive el mundo, han logrado incorporar la computadora en el proceso enseñanza aprendizaje rompiendo el paradigma tradicional de la educación en aula por una educación virtual donde el estudiante y los docentes estando en diferentes lugares comparten un espacio virtual que permite el desarrollo del proceso educativo.

Como lo hace notar Papert (1980), las computadoras pueden facilitar el desarrollo del pensamiento lógico – matemático, pues estos dispositivos electrónicos pueden utilizarse como objetos para pensar, es así que introduce el construccionismo como una teoría de aprendizaje que destaca el aprendizaje activo y la creación de conocimiento a través de la construcción de proyectos tangibles, asimismo argumenta que las TIC son herramientas importantes para el aprendizaje matemático al permitir a los estudiantes crear y manipular objetos virtuales, experimentar con conceptos matemáticos que le permitan resolver problemas de forma creativa.

En opinión de Andrade-Molina y Montecino (2011), el uso de la visualización espacial puede ser una herramienta valiosa tanto para los profesores como para los estudiantes en el aprendizaje de conceptos matemáticos abstractos, pues ayudan a facilitar la comprensión y la interiorización de los saberes matemáticos. Es así que el uso de medios didácticos respaldados por la tecnología se presenta como medios diferentes a los tradicionales, y traen consigo un alto nivel de motivación, despertando el interés de los estudiantes y predisponiendo a la actividad intelectual, favoreciendo la reflexión crítica, el trabajo en equipo, la interacción con los compañeros y con el docente, en síntesis, mejorando el proceso enseñanza aprendizaje (Ruiz-Moreno y Rivero-Jiménez, 2019)

En definitiva, el uso de las TIC en la enseñanza de las matemáticas hoy en día se ha vuelto imprescindible, pues resulta beneficioso para estudiantes y docentes, en los primeros desarrolla un pensamiento matemático y competencias que le permiten comprender conceptos y aplicarlos en la solución de problemas, en los segundos desarrolla habilidades y destrezas para emprender nuevas estrategias en el proceso de enseñanza. Si bien cada TIC tiene su propio lenguaje y canal para procesar la información, el docente tiene la tarea de aprovechar las características de las TIC más convenientes que le permitan activar el proceso enseñanza aprendizaje.

Competencia digital

La sociedad actual denominada sociedad de la información o sociedad digital debe formar profesionales para enfrentar nuevos desafíos, para ello se requiere que cuenten con la competencia digital, competencia nueva que atraviesa un constante cambio cuyos fundamentos aún no establecidos claramente, donde se destacan un conjunto de expertos que vienen contribuyendo en el desarrollo y comprensión de la competencia digital.

Entre los primeros se tiene a Gilster (1997), quién aborda la alfabetización digital, como la capacidad de utilizar de forma efectiva y crítica la tecnología digital para acceder, evaluar, interpretar, crear y comunicar información. Además de la competencia técnica, enfatiza el desarrollo de habilidades cognitivas y sociales para participar en la sociedad digital, pues esta sociedad se ha vuelto cada vez más dependiente de las tecnologías digitales que ha cambiado la forma de comunicación, el trabajo y el aprendizaje, estos cambios requieren que los individuos adquieran competencias digitales para desenvolverse en la actualidad.

Por otro lado Jonassen (2003) comenzó a desarrollar el concepto de competencia tecnológica en el campo de la educación, para él, la competencia digital implica la capacidad de integrar la tecnología en el aula y cómo diseñar entornos de aprendizaje que fomenten la solución de problemas con tecnología, sus estudios sostienen que en la competencia tecnológica se distinguen tres habilidades: la capacidad para analizar problemas complejos y diseñar soluciones tecnológicas efectivas; la capacidad para usar la tecnología de manera efectiva para resolver problemas y tomar decisiones informadas; y la capacidad para entender cómo la tecnología interactúa con la sociedad y la cultura en la que se utiliza.

Ahora bien, Krumsvik (2009) mediante un modelo explica las etapas que atraviesa un docente hasta llegar a una competencia digital avanzada, estas son: las habilidades digitales básicas, que consiste en aprender el alfabeto digital; la competencia didáctica con las TIC, que permite combinar la tecnología con la didáctica para la mejora del proceso enseñanza aprendizaje; las estrategias de aprendizaje, para dar capacidades a los estudiantes para estudiar de forma independiente y en forma continua; y la construcción digital, donde se hace una visión reflexiva, crítica, ética y moral sobre el uso de las TIC en el desarrollo del ser humano.

Desde el punto de vista de Hung et al. (2015), para que los profesores puedan integrar y utilizar efectivamente las TIC en el currículo mediante estrategias curriculares y metodológicas, es necesario que adquieran una serie de competencias digitales que permitan: la autonomía, la crítica y la reflexión con relación al tratamiento de la información y al uso de herramientas educativas digitales. Esto permitiría superar los enfoques tradicionales dando paso a nuevas metodologías que integren el uso de las TIC a la práctica de aula de manera significativa.

Si bien es innegable que adquirir competencias digitales es fundamental en la sociedad actual, donde docentes y estudiantes usen aplicaciones informáticas o apps educativas, tanto en dispositivos móviles o computadoras de escritorio que les permitan enfrentar nuevos desafíos y mejorar así los niveles académicos actuales, resulta también importante considerar que el uso de las tecnologías digitales en la educación plantea limitaciones relacionadas a la brecha digital, pues centra su atención en las habilidades técnicas y no considera las dimensiones sociales culturales y políticas de la tecnología que puede generar desigualdades en el acceso a los recursos digitales y dificultar la implementación efectiva de estrategias basadas en las TIC (Selwyn, 2014)

Aprendizaje autónomo

El principio básico de la teoría constructivista (Díaz-Barriga y Hernández, 2002) es que el individuo construye su propio conocimiento a partir de sus experiencias y de la interacción con su entorno es que el aprendizaje humano se construye, de ahí que resulta necesario promover un aprendizaje con apoyo de aplicaciones informáticas que provoquen en el estudiante pasar de un rol consumista a un rol de productor de información, estos puentes tecnológicos permiten el control del aprendizaje de manera que el alumno tenga la capacidad de crear, compartir y dominar dicho conocimiento.

De igual modo, Siemens (2004) en su investigación sobre el campo del aprendizaje conectado y el aprendizaje basado en redes, examina cómo las tecnologías digitales y la conectividad se encuentran transformando la educación y cómo los estudiantes participan de aprendizajes en línea que facilitan el aprendizaje autónomo y la construcción del conocimiento, por otro lado considera que el aprendizaje en el contexto digital no se limita al individuo y la información que tiene, sino que esta se amplía a través de las redes, donde el conocimiento está distribuido, de manera que esta participación activa facilita el aprendizaje.

Ahora bien, Kirschner et al. (2006) en contra de las creencias populares actuales sobre el uso de la tecnología en el aprendizaje, argumentan que los estudiantes en especial los menos experimentados no aprenden de manera efectiva en tareas complejas sin la suficiente orientación, pues la carga cognitiva puede sobrepasar la capacidad de procesamiento, resultando así un aprendizaje superficial. De manera que la incorporación de las TIC en el aula promueve un cambio en el rol docente, quién debe orientar al alumno a construir su propio conocimiento, aprender a aprender, y no solamente a transmitir conocimientos, pues ellos actualmente no son propiedad del docente, sino que el estudiante puede conseguirlo en la Internet.

En conclusión, parece ser inevitable ante los retos que imponen las nuevas tecnologías realizar un análisis sobre la enseñanza del Cálculo diferencial e integral con la incorporación de las tecnologías de la información y comunicación en el aula, que conduzcan a crear interés en los estudiantes por el contenido a desarrollarse en clase, asimismo coadyuben a consolidar competencias digitales que le permitan al estudiante realizar un aprendizaje autónomo.

Materiales y métodos

Con el fin de abordar el objetivo de la investigación, se llevó a cabo una revisión sistemática de estudios existentes relacionados con el contexto del objeto de estudio. El proceso se adhirió a las fases identificadas en la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas (Page et al., 2021; Urrutia y Bonfill, 2010), lo cual incluyó describir los criterios de selección, las bases de datos utilizadas para la búsqueda, el diagrama de flujo para el filtrado y extracción de datos, así como la síntesis de los resultados obtenidos.

Aunque, la revisión sistemática de acuerdo a la declaración PRISMA es rigurosa, es necesario reconocer posibles limitaciones en cuanto a la disponibilidad de estudios relevantes, la calidad de los mismos y la representatividad de la muestra seleccionada, limitaciones que al final podrían afectar la exhaustividad y la generalización de los resultados obtenidos.

Establecimiento de criterios

En la Tabla 1 se especifican los criterios de selección para la búsqueda de artículos científicos que tengan relación con el objetivo del estudio, para ello se consultó las siguientes bases de datos: Eric, por ser especializada en psicología y ciencias de la educación y con artículos escritos en inglés, lo cual garantiza tener mayor información relacionada; Dialnet y Redalyc, porque cuentan con documentos de la comunidad iberoamericana en idioma español.

Tabla 1.
Criterios de selección de artículos científicos

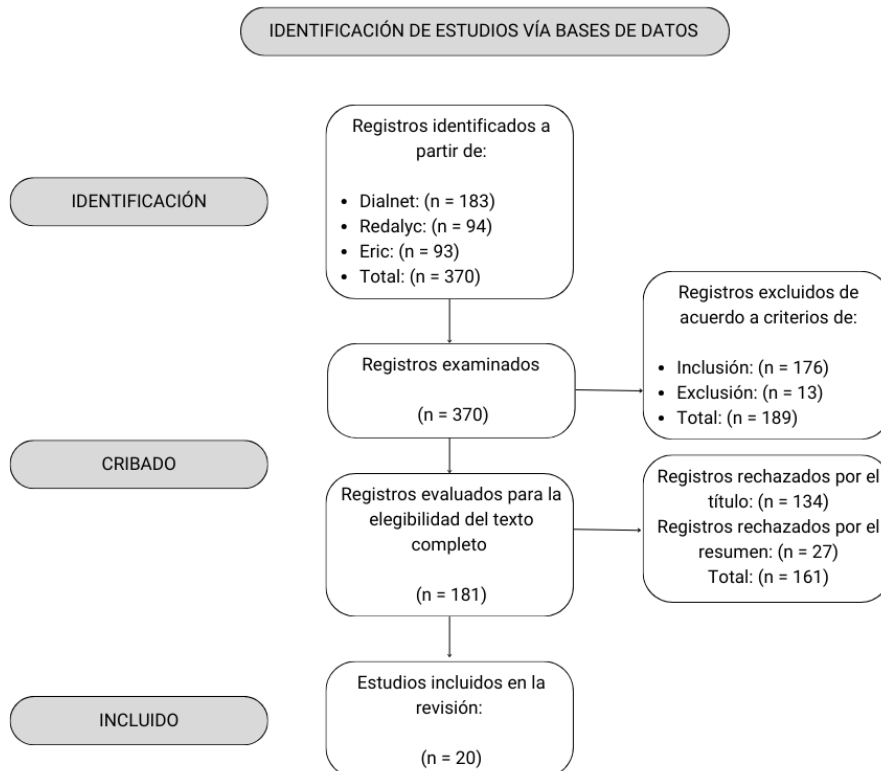
Criterios de inclusión	Criterio de búsqueda
Idioma	Español e inglés.
Periodo	El límite de búsqueda considera los últimos 10 años (2019 – 2023).
Tipo de archivo	PDF
Criterios de exclusión	
Tipo de artículo	Revisiones sistemáticas
Educación	No superior
Acceso	Previo pago

Otros criterios		
Base de datos	Eric, Dialnet y Redalyc	
Identificadores clave	Aprendizaje del cálculo diferencial e integral	
	Estrategias didácticas apoyadas en las TIC	
	Métodos tradicionales	
Descriptorios	Aprendizaje	Learning
	Enseñanza	Teaching
	Cálculo diferencial e integral	Differential and integral calculus
	TIC	ICT
	Metodologías activas	active methodologies
Fórmula de búsqueda	ERIC	(Learning differential and integral calculus) AND (("active methodologies") OR (ICT))
	Dialnet y Redalyc	(aprendizaje del cálculo diferencial e integral) AND (("metodologías activas") OR (TIC))

Fuente: Elaboración propia

Esta información es considerada para la extracción de los artículos científicos de las bases de datos mencionadas, mediante las respectivas fórmulas de búsqueda y tomando en cuenta los criterios de selección especificados se sigue un proceso de filtrado que presentamos en el diagrama de flujo de la Figura 1, resultando de la aplicación de sus etapas la cantidad final de artículos de investigaciones que serán incluidas en la revisión sistemática.

Figura 1.
Diagrama de flujo de filtrado



Fuente: Elaborado en base a Page et al. (2021)

Del proceso de filtrado se obtiene la muestra final de artículos para la revisión ($n = 20$), la información extraída del análisis de contenido de los artículos se llevó a una tabla Excel con los siguientes campos: base de datos, lugar de estudio, año, título del artículo, temática, objetivo del artículo, teorías que fundamentan el estudio, diseño metodológico, técnicas de recolección y análisis de datos, ideas clave del artículo, observaciones y palabras clave.

Codificación de variables

Tomando en cuenta a (Sánchez-Meca, 2003), para determinar la heterogeneidad de los resultados del estudio, consideramos dos tipos de variables la sustantiva y la metodológica. En la variable sustantiva, se recoge información relacionada con el año y lugar donde se realizó la investigación, el tipo de software matemático que utiliza, la innovación en el proceso enseñanza aprendizaje. Y en la variable metodológica, se acopia datos acerca del diseño metodológico de cada investigación.

Resultados y discusiones

Luego de realizar el análisis de contenido de los veinte artículos, se obtiene resultados de cada variable de análisis y a fin de determinar el cumplimiento del objetivo de la investigación identificamos algunas de las categorías que podrían influir en las estrategias didácticas que respaldadas con el uso de las TIC resultan ser más efectivas que la metodología tradicional en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral.

Variable sustantiva

Tomando en cuenta el año de estudio de los artículos se tiene que ningún artículo es del 2014, un artículo (5,0%) del 2015, dos (10,0%) del 2016, tres trabajos (15,0%) del 2017, tres (15,0%) del 2018, tres (15,0%) del 2019, cuatro (20,0%) del 2020, un artículo (5,0%) del 2021, tres (15,0%) del 2022 y no existe ningún artículo en el 2023. Atendiendo al lugar donde se realizó las investigaciones, quince trabajos (75,0%) son de Latinoamérica, una investigación (5,0%) se realizó en Estados Unidos, tres estudios (15,0%) son de Europa y una (5,0%) en Asia.

En cuanto al uso de las TIC en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral, once artículos (55,0%) hacen referencia al uso de software matemático en el aprendizaje del Cálculo, en seis de ellos se trata al GeoGebra como la aplicación más utilizada, nueve trabajos (45,0%) centran su estudio en el proceso enseñanza aprendizaje, estudios que proponen uso de objetos virtuales de aprendizaje, Math-Gains, WebQuest, b-learning, Jigsaw, EDuScrum, etc.

Variable metodológica

La información extraída de los artículos de investigación demuestra que, en relación al enfoque de la investigación, cinco artículos (25,0%) son estudios cualitativos, once investigaciones (55,0%) son cuantitativas, cuatro trabajos (20,0%) responden a un estudio mixto. Entre las investigaciones de corte cualitativa, dos estudios son descriptivos, y se tiene a un artículo de tipo interpretativo, descriptivo correlacional y exploratorio. En las investigaciones cuantitativas existe nueve artículos de tipo descriptivo, a una investigación de tipo correlacional y exploratorio. En las investigaciones de enfoque mixto dos son descriptivas y dos descriptivas correlacionales.

Considerando el diseño de investigación, en las investigaciones cuantitativas se tiene tres experimentales y ocho no experimentales. En las investigaciones cualitativas hay a un artículo de estudio de caso, estudio documental y fenomenológico, dos son investigación acción. Entre las investigaciones mixtas, dos son estudios de caso y se tiene a un artículo experimental y no experimental. En relación a las técnicas de recolección de los datos, 19 artículos (95,0%) utilizan la investigación de campo, y una investigación (5,0%) recurrió a la investigación documental.

Categorías de la información

A propósito de alcanzar el objetivo de la investigación utilizando la información extraída de los artículos de la muestra, se observa que los mismos al describir las estrategias didácticas respaldadas en las tecnologías de información y comunicación enfocan su estudio abarcando cuatro ejes temáticos: 1) incorporación de la tecnología en el aula, 2) autoaprendizaje, 3) metodologías activas y 4) competencias digitales.

Tabla 2.
Distribución de artículos por ejes temáticos

Eje temático	Frecuencia	Porcentaje
Incorporación de la tecnología en aula	8	40,0
Autoaprendizaje	6	30,0
Metodologías activas	5	25,0
Competencias digitales	1	5,0
Total	20	100,0

Fuente: Elaboración propia

La información destaca que el mayor número de artículos corresponde al área de incorporación de la tecnología en el aula ocho investigaciones (40,0%), seis en autoaprendizaje (30,0%), cinco en metodologías activas (25,0%) y solamente un estudio (5,0%) tiene relación con las competencias digitales. Estos datos reflejados en la Tabla 2 muestran las líneas prioritarias de las publicaciones, aunque del análisis de los artículos sobresale que los artículos hacen referencia a más de un área temática,

por ejemplo, todos los trabajos se relacionan con la incorporación de la tecnología en el aula y en estimular las competencias digitales de los docentes y estudiantes, sin embargo, para su distribución se tomó en cuenta la temática más predominante.

Seguidamente, con el propósito de obtener una comprensión más detallada de la distribución efectuada en los cuatro ejes temáticos y de proporcionar recursos de consulta en esas áreas, se mencionan los artículos de acuerdo con los términos descriptivos asociados a cada una de estas áreas. Esta orientación permitirá dar una visión de cómo se han organizado los artículos donde se reconocen la importancia de la investigación en el campo de la tecnología.

Incorporación de la tecnología en el aula

Acerca de esta categoría se tienen ocho artículos (40,0%), donde se evidencia que la incorporación de las tecnologías de información y comunicación en el aula integran una comprensión computacional y algebraica, que requieren de conocimientos previos que permiten identificar y superar las concepciones erróneas y el costo cognitivo de asimilar los contenidos, promoviendo un aprendizaje interactivo y visual brindando acceso a recursos flexibles que al final influyen positivamente en el desempeño académico de los estudiantes (Carvajal et al., 2019; Das, 2019; Galindo Illanes et al., 2022), además es importante señalar que las TIC alivian la carga del trabajo y fomentan la revisión de conceptos, no obstante, a fin de evitar efectos negativos es necesario el uso responsable de las mismas.

Por otro lado, se analiza el uso del software GeoGebra como herramienta de apoyo de la enseñanza del Cálculo diferencial e integral, identificando deficiencias en la interpretación gráfica de conceptos importantes, se observa también el incremento en la motivación de estudiantes al relacionar las ecuaciones matemáticas desarrolladas manualmente con resultados gráficos que ofrece la aplicación, siendo así que se convierte en un instrumento potencial en el sistemas de tareas que mejoran la calidad de aprendizaje en asignaturas. relacionadas a la matemática superior (Capote et al., 2021; Nobre et al., 2016).

Cabe mencionar, que las estrategias didácticas que incorporan la tecnología en el aula promueven en los estudiantes la adquisición de habilidades que sirvan para la comprensión de conceptos y así resolver problemas contextualizados de la vida real, acciones que favorecen a la participación activa de los alumnos en el proceso de aprendizaje (Cáseres et al., 2015; Gutiérrez Mendoza et al., 2017; Ramírez Santamaría, 2020), además se destaca el rol que debe cumplir el profesor diseñando situaciones didácticas adecuadas para aprovechar la potencialidad de la tecnología en la educación matemática y el desarrollo de competencias necesarias para el siglo XXI. Empero, la necesidad de tomar en cuenta que no todos los estudiantes pueden tener acceso equitativo a la tecnología educativa, lo que puede limitar su participación plena en el uso de las herramientas tecnológicas en el aula.

Autoaprendizaje

En cuanto a esta categoría se tiene seis investigaciones (30,0%) cuyo estudio en el contexto del autoaprendizaje demuestran que en la actualidad es necesario aprovechar el extendido uso de los dispositivos móviles, como medio para incorporar la tecnología en la enseñanza de las matemáticas, que según Sarmiento y Luna (2017) se da mediante el uso de software matemático, como el GeoGebra, bajo una metodología constructivista para fortalecer las habilidades en el estudio del Cálculo diferencial e integral. Además, se destaca la eficacia del GeoGebra como herramienta que permite el diseño de sistemas didácticos que tengan objetivos precisos, métodos de enseñanza activos y que este orientado a promover competencias en los estudiantes para un aprendizaje autónomo (Estrada y Rodríguez, 2020). Aprendizaje que requiere el uso de herramientas informáticas que permitan la experimentación en la solución de problemas con nuevos parámetros, desarrollando así mayor autonomía (Pineda et al., 2020).

Encontramos también, que, para un autoaprendizaje en un entorno beneficiado por la tecnología, es fundamental que los profesores actualicen de forma permanente sus estrategias de enseñanza que consideren los desafíos tecnológicos para que los alumnos adquieran las habilidades de un aprendizaje autónomo que mejoren la participación activa de los estudiantes en el proceso enseñanza aprendizaje, como también fomenten la reflexión crítica y la interacción con los docentes. Esta autonomía en el aprendizaje es necesaria para aprovechar al máximo las oportunidades que ofrece las herramientas informáticas que en el proceso se convierten en una especie de profesor particular para el estudiante (Medina y Delgado, 2017; Palencia y García, 2018; Ruiz-Moreno y Rivero-Jiménez, 2019).

Metodologías activas

Conviene señalar, que una metodología que incorpora tecnología es activa si las estrategias que utiliza un profesor en el proceso enseñanza aprendizaje fomenta la participación activa de los estudiantes y promueve el desarrollo de competencias que mejoran el resultado académico, así se tiene cinco artículos científicos (25,0%) que centran su estudio en la participación activa del alumno, de ahí que, Masero Moreno (2016), estudia al aprendizaje basado en proyectos a través del Internet y WebQuest, con un enfoque centrado en el estudiante y el profesor como guía.

Puede agregarse que, la incorporación de las TIC facilita la búsqueda de soluciones e interpretación de resultados de manera inmediata contribuyendo así de manera significativa al aprendizaje del Cálculo diferencial e integral y transforma la enseñanza tradicional en un entorno de aprendizaje interactivo entre docentes y estudiantes (Villagran et al., 2018), esta interactividad necesita una formación continua de profesores y la implementación de metodologías activas, como las prácticas basadas en evidencia MATH-GAINS, que fomentan el desarrollo de habilidades de autoaprendizaje (Dagley et al., 2018).

Asimismo, se destaca cómo el aprendizaje colaborativo apoyado por la simulación numérica a través de Octave Online, una alternativa de código abierto a MATLAB, software matemático que refuerza el aprendizaje y fortalece el desarrollo de habilidades esenciales en los estudiantes para la adopción de nuevas tecnologías en el aprendizaje de las matemáticas. Además, las diversas técnicas de aprendizaje activo que se implementan en la enseñanza en los cursos de matemáticas promueven el desarrollo de habilidades críticas y la adaptación del contexto en línea y la colaboración entre estudiantes, estos nuevos enfoques presentan otras oportunidades de aprendizaje y preparan además a los estudiantes para un mundo en constante cambio (López-Reyes, 2022; Pinto et al., 2022).

Competencias digitales

Dentro de este contexto, un trabajo (5,0%) estudia las competencias digitales que deben tener estudiantes y docentes, se dice que los “nativos digitales” tienen una mayor habilidad para el uso de la tecnología, a pesar de eso, esto no siempre se aplica al uso académico de las tecnologías de la información y comunicación (Ornass et al., 2020), para ello en el proceso de apropiación de competencias digitales que aseguran el uso efectivo de las TIC en el aula, demanda que los docentes asuman la tarea de capacitar a los estudiantes de cómo utilizar las herramientas digitales, por ejemplo, uso de plataformas de aprendizaje, software educativo y a la participación efectiva en la conversación en línea sobre temas de clase para que los estudiantes realicen contribuciones teórica.

Conclusiones

A partir de la revisión de las investigaciones se establece el aporte que hacen a las categorías identificadas sobre las TIC en las matemáticas como una nueva forma de enseñar Cálculo diferencial e integral, resulta indiscutible el uso de las tecnologías de información y comunicación en la enseñanza de las matemáticas, pues ellas integran una comprensión algebraica con respaldo visual que coadyuvan en la comprensión y asimilación de los contenidos, lo cual influye positivamente en el rendimiento académico de los estudiantes.

Por otro lado, es importante señalar que todos los estudios seleccionados refieren al uso de la tecnología el proceso enseñanza aprendizaje, también se puede indicar que la mayoría de las investigaciones refiere al uso del GeoGebra como herramienta de apoyo en la enseñanza del Cálculo. Aunque, para que la incorporación de la tecnología en el aula ayude a mejorar el aprendizaje, es importante precisar que el uso de un recurso tecnológico requiere de una planificación adecuada por parte de los docentes, quienes deben configurar situaciones didácticas para aprovechar la potencialidad de la tecnología.

Pese a que no todos los estudios coinciden con el autoaprendizaje, es necesario destacar que el uso extendido de smartphones y de software matemático de código abierto, como el GeoGebra, son herramientas que permiten incorporar en el aula la construcción de entornos virtuales para la enseñanza de las matemáticas que promueven la autonomía de estudio y desarrollen habilidades para el aprendizaje autónomo de los estudiantes. No obstante, para el proceso de autoaprendizaje se requiere que los profesores tengan una actualización constante sobre estrategias de enseñanza que tomen en cuenta los desafíos que la tecnología presenta, de manera que se promueva la experimentación y la participación activa de los estudiantes.

Si bien algunos estudios no se refieren específicamente al uso de metodologías activas, se observa que en la mayoría de ellos, por el mismo hecho de usar tecnologías de información y comunicación en el proceso de enseñanza, se fomenta la participación activa de los estudiantes es así que se tiene por ejemplo el proyecto de investigación MATH-GAINS, el aprendizaje invertido, el uso del aprendizaje cooperativo Jigsaw, el aprendizaje basado en proyectos y el WebQuest, cuyo objetivo es del mejorar la enseñanza del Cálculo y el desarrollo de competencias matemáticas para resolver problemas. Ahora bien, la participación de los estudiantes se logrará gracias a un uso adecuado de la metodología de enseñanza que es variable para cada clase.

Puede agregarse también, que el uso de las TIC en los estudios es generalizado, por tal razón, se identifica la necesidad de desarrollar habilidades y destrezas en escenarios digitales, el uso de dispositivos móviles que tienen un uso generalizado en el ambiente educativo, pues estas habilidades en el caso de los docentes forma competencias para combinar la tecnología con la didáctica y mejorar así el proceso enseñanza aprendizaje, mientras que en los estudiantes forma capacidades para estudiar de manera independiente y en forma continua.

En resumen, la revisión de los artículos permite afirmar que las estrategias didácticas que incorporan el uso de tecnologías de información y comunicación resultan ser más efectivas que la metodología tradicional en el aprendizaje del Cálculo diferencial e integral, pues desarrollan en el estudiante competencias digitales para el uso de dispositivos digitales y aplicaciones informáticas que promueven en los estudiantes condiciones para llegar a un aprendizaje autónomo.

Finalmente, he de referirme a las limitaciones que tienen los estudios, que pueden considerarse como nuevos temas de investigación, por ejemplo, el uso de la tecnología en el aula no profundiza sobre los efectos de la tecnología en el aprendizaje, así como el uso de enfoques pedagógicos para mejorar la comprensión, además no considera que la formación de habilidades digitales para un entorno virtual académico requiere además de las competencias genéricas digitales de otras que ponen en evidencia que los nativos digitales no siempre tienen competencias académicas para el uso de las TIC.

Referencias

- Andrade-Molina, M., y Montecino, A.** (2011). La problemática de la tridimensionalidad y su representación en el plano. XIII Conferencia Interamericana de Educación Matemática. <https://docplayer.es/61334532-La-problematica-de-la-tridimensionalidad-y-su-representacion-en-el-plano.html>
- Ausubel, D.** (1983). Teoría del aprendizaje significativo. <http://www.educainformatica.com.ar/docentes/tuarticulo/educacion/ausubel/index.html>
- Ballester, S.** (1975). Metodología de la enseñanza de la matemática (Pueblo y educación, Ed.).
- Capote, M., Robaina, I., y Capote, M.** (2021). Tareas docentes con GeoGebra en la Matemática Superior I para Contabilidad y Finanzas. *Mendive*, 19(3), 809–820. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8089021>
- Carvajal, L. J., Covarrubias, J., Peraza, C., Manuel, J., Santillán, De Jesús Zúñiga, J., José, J., y Peraza, U.** (2019). Uso de tecnología en el aprendizaje de matemáticas universitarias. *Revista de Investigación En Tecnologías de Información*, 7, 77–82. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7107348>
- Cáseres, E., Pereira, Z., y Sopilca, A.** (2015). Aprendizaje de la matemática bajo la modalidad semipresencial: una visión desde los estudiantes de ingeniería UCLA-DCYT. *Gaceta Técnica*, 14(1), 201602–204730. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6521685>
- Dagley, M. A., Gill, M., Saitta, E., Moore, B., Chini, J., y Li, X.** (2018). Using Active Learning Strategies in Calculus to Improve Student Learning and Influence Mathematics Department Cultural Change. *Proceedings of the Interdisciplinary STEM Teaching and Learning Conference*, 2, 52–65. <https://doi.org/10.20429/stem.2018.020108>
- Das, K.** (2019). Role of ICT for Better Mathematics Teaching. *Shanlax International Journal of Education*, 7(4), 19–28. <https://doi.org/10.34293/education.v7i4.641>
- Díaz-Barriga, F., y Hernández, G.** (2002). Estrategias docentes para un aprendizaje significativo (Segunda). McGraw-Hill.
- Estrada, Y., y Rodríguez, Z.** (2020). El uso del GeoGebra en la asignatura de Matemática I. *Serie Científica de La Universidad de Las Ciencias Informáticas*, 13(4). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8590268>
- Galindo Illanes, M. K., Breda, A., Deyanira, D., Manríquez, C., y Alvarado Martínez, H. A.** (2022). Analysis of a teaching learning process of the derivative with the use of ICT oriented to engineering students in Chile. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 2022(7), 2130. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12162>
- Gardner, H.** (2001). Estructuras de la mente. La teoría de las inteligencias múltiples (Fondo de Cultura Económica Ltda., Ed.).

- Gilster, P.** (1997). Digital literacy. Wiley Computer Pub.
- Gutiérrez Mendoza, L., Buitrago Alemán, M. R., y Ariza Nieves, L. M.** (2017). Identificación de dificultades en el aprendizaje del concepto de la derivada y diseño de un OVA como mediación pedagógica. *Revista Científica General José María Córdova*, 15, 137–153. <https://doi.org/10.21830/19006586.170>
- Hung, E. S., Silveira Sartori, A., Valencia Cobos, J., Iriarte Diazgranados, F., Justo Moreira, P., y Ordoñez, M. P.** (2015). Factores asociados al uso de las TIC como herramientas de enseñanza y aprendizaje en Brasil y Colombia.
- Jonassen, D. H.** (2003). Learning to solve problems with technology: a constructivist perspective (D. H. Jonassen y D. H. Jonassen, Eds.; 2nd ed). Merrill.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., y Clark, R. E.** (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75–86. https://doi.org/10.1207/S15326985EP4102_1
- Krumsvik, R.** (2009). Situated learning in the network society and the digitised school. *European Journal of Teacher Education*, 32(2), 167–185. <https://doi.org/10.1080/02619760802457224>
- López-Reyes, L. J.** (2022). Collaborative Learning of Differential Equations by Numerical Simulation. *World Journal on Educational Technology: Current Issues*, 14(1), 56–63. <https://doi.org/10.18844/wjet.v14i1.6637>
- Masero Moreno, I.** (2016). Una propuesta didáctica basada en las TIC y las metodologías activas centradas en el alumno para el desarrollo de competencias. *Anales de ASEPUMA*, ISSN-e 2171-892X, No. 24, 2016, 24, 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6004575&info=resumen&idioma=ENG>
- Medina, N., y Delgado, J.** (2017). Las estrategias docentes y su implicación en el aprendizaje significativo del concepto de derivada en estudiantes de Ingeniería. *Rastros Rostros*, 19, 31–43. <https://doi.org/10.16925/ra.v19i34.2147>
- Nobre, C. N., Rezende Gouvêa Meireles, M., Vieira Junior, N., Neli De Resende, M., Ester Da Costa, L., y Da Rocha, C.** (2016). The Use of Geogebra Software as a Calculus Teaching and Learning Tool. *Informatics in Education*, 15(2), 253–267. <https://doi.org/10.15388/infedu.2016.13>
- Ornass, V., Flores, D., y Gramajo, M.** (2020). Una propuesta de aula virtual para la mejora de procesos de aprendizaje y de enseñanza. *Revista de Educação Em Ciência e Tecnologia*, 13, 3–24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7884087>

- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D.** (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *The BMJ*, 372. <https://doi.org/10.1136/BMJ.N71>
- Palencia, F., y García, M.** (2018). Las TIC en la enseñanza a distancia de Matemáticas. *Anales de ASEPUMA*, 26. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6641068>
- Papert, S.** (1980). *Mindstorms. Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, Inc. Publishers.
- Piaget, Jean.** (1967). *Génesis del número en el niño* (3a. ed.). GUADALUPE.
- Pineda, W. B., Hernández, C. A., y Avendaño, W. R.** (2020). Propuesta didáctica para el aprendizaje de la derivada con Derive. *Praxis y Saber*, 11. <https://doi.org/10.19053/22160159.v11.n26.2020.9845>
- Pinto, C. M. A., Mendonça, J., y Nicola, S.** (2022). DrIVE-MATH Project: Case Study from the Polytechnic of Porto, PT. *Open Education Studies*, 4(1), 1–20. <https://doi.org/10.1515/EDU-2022-0001>
- Ramírez Santamaría, B. A.** (2020). GeoGebra en 2D y 3D como recurso didáctico en un curso de integración múltiple: una experiencia de enseñanza-aprendizaje. *Matemática, Educación e Internet*, 21, 1–18. <https://doi.org/10.18845/rdmei.v21i1.5341>
- Ruiz-Moreno, L., y Rivero-Jiménez, S.** (2019). Impacto de la matemática en el contexto de las ciencias con software matemático en ecuaciones diferenciales. *Científica*, 23, 13–21. <https://www.redalyc.org/journal/614/61458265002/61458265002.pdf>
- Sánchez-Meca, J.** (2003). La revisión del estado de la cuestión: el meta-análisis. In C. Camisón, M. J. Oltra, y M. L. Flor (Eds.), *Enfoques, problemas y métodos de investigación en Economía y Dirección de Empresas: Vol. Tomo I* (pp. 101–110).
- Sarmiento, W., y Luna, K.** (2017). Aplicación del software GeoGebra en prácticas matemáticas bajo una metodología constructivista. *Revista de Investigación Científica*, 1, 45–50. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6297475>
- Selwyn, N.** (2014). *Digital technology and the contemporary university: degrees of digitization*. Routledge.
- Siemens, G.** (2004). *Conectivismo: Una teoría de aprendizaje para la era digital*.

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/10.1016/J.MEDCLI.2010.01.015>

Villagran, W., Cruz, E., Barahona, F., Barrera, O., y Insuasti, R. (2018). Utilización de GEOGEBRA como herramienta metodológica en la enseñanza de la geometría Analítica y su incidencia en el control del rendimiento académico de. *Dominio de Las Ciencias*, 4, 215–223. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2018.vol.4.n.215-223>