
ARTÍCULO

Tecnologías Digitales y Evaluación Formativa en Clases de Matemática: una revisión de la literatura

Digital Technologies and Formative Assessment in Mathematics Classes: A Literature Review

Alejandra **Balbi***

 ORCID iD 0000-0003-4066-9123

Sofia **Berrutti****

 ORCID iD 0000-0001-6278-3694

Mathias **Tejera*****

 ORCID iD 0000-0002-9826-966X

Ernesto **Gonzalez******

 ORCID iD 0009-0009-3114-3788

Micaela **Bonilla*******

 ORCID iD 0000-0002-9023-7102

Resumen

Las tecnologías digitales (TD) tienen un potencial valioso para facilitar la implementación de Evaluación Formativa (EF) en clases de matemáticas. Nuestro objetivo fue identificar y analizar las TD disponibles para implementar EF en clases de matemáticas en educación secundaria, así como examinar sus aportaciones teóricas y prácticas. Conforme a las directrices del Cochrane Rapid Review Methods Group, llevamos a cabo una revisión rápida, que resultó en la obtención de 12 artículos de los que extrajimos once diferentes TD, y reportamos cinco específicas para matemáticas, analizando sus funcionalidades para facilitar EF. También reportamos modelos conceptuales para la gestión pedagógica de la EF con el uso de TD. Encontramos TD que facilitan experiencias de aprendizaje con posibilidades de retroalimentación inmediata y personalizada y herramientas que apoyan una gestión pedagógica más eficiente: compartir resultados, identificar errores frecuentes en tiempo real, visualizarlos

* Doctora en Psicología por la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Profesora Asociada en la Universidad Católica del Uruguay, Montevideo, Uruguay. Correo electrónico: abalbi@ucu.edu.uy

** Licenciada en Psicopedagogía por la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Asistente de Investigación en la Universidad Católica del Uruguay. Maestranda en Estudios de Educación en Katholieke Universiteit te Leuven (KU Leuven, Bélgica). Correo electrónico: sofia.berruttiquinteiro@student.kuleuven.be

*** Maestro en Ciencias en Matemática Educativa por el Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada del Instituto Politécnico Nacional de México (CICATA-IPN). Asistente de Investigación en la Universidad Johannes Kepler de Linz, Austria (JKU). Correo electrónico: mathias.tejera@utec.edu.uy

**** Licenciado en Recreación Educativa por la Universidad Católica del Uruguay (UCU). Asistente de Investigación en la Universidad Católica del Uruguay. Correo electrónico: ernegonzalez2301@gmail.com

***** Magister en Ciencias en Psicología Educativa por la Universidad de Bristol, Reino Unido. Doctoranda en la Universidad de Stanford, California. Correo electrónico: micaela.bonilla@ucu.edu.uy

con estudiantes. Se discute el impacto de las retroalimentaciones directas versus las interactivas, la brecha digital y desigualdad educativa relacionada con el acceso limitado por costo. Además, discutimos la importancia del rol docente en la gestión pedagógica de la EF a través de TD; la retroalimentación personalizada y la guía individualizada son clave para el éxito del aprendizaje. Consideramos que este análisis es relevante para docentes de matemática e investigadores en el área, ya que presenta un panorama actualizado y resalta factores críticos como las limitaciones tecnológicas, la formación docente, la inversión en tecnología y la formación en EF dentro del campo de la educación matemática.

Palabras clave: Tecnologías Digitales. Feedback. Evaluación formativa. Matemática. Secundaria.

Abstract

Digital technologies (DT) have valuable potential to facilitate the implementation of Formative Assessment (FA) in mathematics classes. We set out to identify and analyze the DT available to implement FA in mathematics classes in secondary education and to examine their theoretical and practical contributions. We performed a rapid review following the Cochrane Rapid Review Methods Group guidelines and retrieved 12 articles to review. We obtained, as a result, 11 digital technologies, of which 5 are specific for mathematics and three relevant conceptual models to pedagogically manage FA in the classroom, classifying the functions of DT and their pedagogical use. The impact of direct versus interactive feedback is discussed, as well as the digital divide and educational inequality related to cost-limited access. In addition, we discuss the importance of the teacher's role in the pedagogical management of FA through DT, since personalized feedback and individualized guidance are key to learning success. We believe that this analysis is relevant both for mathematics teachers and for researchers in the area because it presents the current situation and reveals the limitations of technology, teacher training, and investment in technology and training for formative assessment in Mathematics education.

Keywords: Digital Technologies. Feedback. Formative assessment. Math. Secondary school.

1 Introducción

La pandemia por COVID-19 ha presentado una serie de desafíos significativos en los procesos de enseñanza y aprendizaje (Bárcena; Uribe, 2020), y al mismo tiempo, también ha brindado oportunidades únicas. Tecnologías digitales (TD) como distintas plataformas: Schoology, Google Classroom, Kahoot; han irrumpido en este escenario, ofreciendo soluciones innovadoras y efectivas para la enseñanza. Aunque estas tecnologías surgieron como una respuesta a la pandemia, sus efectos perduran y deben ser investigados en profundidad (Villa-Ochoa; Molina-Toro; Borba, 2023). En este contexto, y como parte de un programa de formación para docentes de matemática en evaluación formativa (EF), nos propusimos realizar una revisión sistemática y rápida de la literatura científica (Garritty *et al.*, 2021) que aborde la relación entre la EF y las tecnologías digitales en el aula de matemática en la educación media.

Existe un consenso general en la comunidad educativa sobre la necesidad de fomentar la EF debido a su demostrado impacto positivo en el aprendizaje (Graham; Hebert; Harris, 2015; Kingston; Nash, 2011; Klute *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2020). La Evaluación Formativa, también conocida como *evaluación para el aprendizaje*, representa un procedimiento en el cual

se emplea la información acumulada a lo largo del recorrido educativo del estudiante para calibrar y ajustar las acciones pedagógicas subsecuentes (Wiliam; Thompson, 2008). Este enfoque se integra con el proceso de enseñanza, diferenciándose así de la evaluación sumativa, que se implementa una vez concluido el proceso instructivo.

En lo que respecta a la matemática, se ha constatado que la Evaluación Formativa es una estrategia que se amalgama con enfoques pedagógicos que presentan problemas de final abierto (Thinwiangthong; Eddy; Inprasitha, 2020). De esta forma, el docente puede recopilar evidencias sobre el pensamiento de sus estudiantes mientras deliberan sobre las diversas alternativas para resolver los problemas. Este enfoque, además, involucra a los estudiantes en discusiones enriquecedoras, así como la comparación y el contraste de distintas soluciones, aspectos que son resaltados en la literatura de Evaluación Formativa como estrategias eficaces para implicar a los estudiantes en procesos de retroalimentación entre pares, coevaluación y autoevaluación (Andrade; Cizek, 2010).

La retroalimentación, o feedback, es un componente esencial de la EF. Este proceso se produce cuando el estudiante recibe información acerca de su posición actual en la progresión de aprendizaje, la meta a alcanzar y las estrategias para llegar a ella (Hattie; Timperley, 2007). Aunque tradicionalmente la retroalimentación ha sido responsabilidad del docente, actualmente se reconoce que puede provenir de un compañero (en el caso de la coevaluación), del propio estudiante (en la autoevaluación) o incluso puede estar mediada por tecnologías digitales (Schildkamp *et al.*, 2020).

Nuestra investigación se enfocó en la intersección entre TD y EF porque la recolección de evidencia, la puesta en común que favorezca discusiones formativas, la retroalimentación del docente y entre pares, así como la colaboración la coevaluación, podrían verse favorecidas por las TD. Primero, creemos que el uso de las tecnologías digitales debe ir más allá de hacer las mismas cosas de manera más rápida y cómoda (Blundell; Mukherjee; Nykvist, 2022; Rivera; Sánchez; Cortés, 2021). En su lugar, deben ser utilizadas para lograr aprendizajes que serían imposibles sin la tecnología (Coll; Mauri; Onrubia, 2008). Aunque la tecnología digital proporciona herramientas pedagógicas valiosas, la interacción entre docentes, estudiantes y tecnología es fundamental para aprendizaje (Wang, 2008). Por lo tanto, el desafío es promover el desarrollo profesional de los docentes para que comprendan cómo utilizar de manera efectiva la tecnología (Clark-Wilson; Oldknow; Sutherland, 2011). Trgalová, Donevska-Todorova y Edson (2023) consideran en este sentido una nueva perspectiva de investigación, donde los docentes son vistos como diseñadores ya que deben seleccionar, adaptar, modificar y combinar

recursos digitales existentes y crear nuevos.

En América Latina, menos del 40% de los docentes utilizan las tecnologías digitales en el aula (OECD, 2015). Existen desafíos estructurales respecto a la conectividad, donde solo un tercio de las escuelas de la región tienen acceso a una conexión de banda ancha suficiente (Diálogo Interamericano, 2021). Sin embargo, hay excepciones como Uruguay donde existe acceso igualitario a Internet gracias al desarrollo de una política pública basada en el programa *One Laptop per Child -Plan Ceibal-* (Rojas; Poveda; Grimblatt, 2016).

Con respecto a la relación entre la EF y las TD, existen estudios académicos que demuestran la reciprocidad favorable entre ambas (Ugwuanyi; Okeke; Mokhele-Makgalwa, 2022). Asimismo, se ha identificado una relación favorable entre la Educación Matemática y las TD por un lado, y entre EF y la Educación Matemática por el otro, pero existen menos estudios que vinculen las tres variables: TD, EF y Educación Matemática.

Además de los vínculos entre TD, EF y educación matemática, también se encuentran otros factores que influyen en el éxito de esta combinación. Por ejemplo, la personalización de la enseñanza es esencial para el éxito de los estudiantes y puede ser lograda a través del uso de tecnologías digitales (Bingham *et al.*, 2018). Al utilizar TD, el docente puede monitorear el progreso de los estudiantes y, en consecuencia, ajustar su enseñanza en tiempo real para satisfacer sus necesidades individuales, lo que constituye una estrategia crucial en el modelo de evaluación formativa. Además, el uso de TD puede ser más eficiente y efectivo para el profesorado en comparación con los métodos tradicionales de evaluación, proporcionar una retroalimentación computarizada que les permita ahorrar tiempo y mejorar la calidad del aprendizaje (Van Der Kleij; Feskens; Eggen, 2015). La capacidad de las TD para recopilar y procesar datos a gran escala y con rapidez hace que puedan ser un recurso valioso para apoyar a los docentes en la EF (Looney, 2010). La funcionalidad de las TD de presentación y visualización de datos en tiempo real puede fomentar la adopción de estrategias eficaces de EF por parte de los docentes (Cusi; Morselli.; Sabena, 2017). En el ámbito de la educación matemática, Trena Wilkerson, presidenta del National Council for Teachers of Mathematics (NCTM) anima a los docentes a trabajar juntos y desarrollar comunidades de aprendizaje profesional para abordar la evaluación formativa en colaboración (Wilkerson, 2022). La organización profesional ha destacado la importancia de que los docentes y estudiantes tengan acceso diario a tecnologías que ayuden a desarrollar el sentido matemático, el razonamiento, la resolución de problemas y la comunicación (NCTM, 2008).

Además, se ha confirmado que los entornos de aprendizaje adaptativos basados en

tecnología con retroalimentación intermedia son positivos para los estudiantes de secundaria (Ghysels; Haelermans, 2018). También se señala que los docentes efectivos deben aprovechar el potencial de la tecnología para mejorar la comprensión de los estudiantes, estimular su interés y aumentar su competencia en matemáticas (Wijaya, 2020). La retroalimentación mediante TD en la educación matemática ha demostrado ser efectiva en términos de clarificar lo que se considera un buen rendimiento, facilitar la autoevaluación, ofrecer información de calidad, fomentar el diálogo con el profesorado y los compañeros sobre el aprendizaje, mejorar la autoestima y motivación, y proporcionar información valiosa al profesorado para mejorar su enseñanza (Nicol; Macfarlane-Dick, 2006). No obstante, la evaluación automática en línea que pueden proporcionar estas tecnologías aporta información para el análisis del aprendizaje, pero los beneficios potenciales de su integración dependen del ajuste entre la información recopilada y los procesos que se deben mejorar. Cuando las prácticas de evaluación se centran estrictamente en si las respuestas de los estudiantes son correctas o incorrectas, no es probable que produzcan conocimientos que mejoren el aprendizaje de las matemáticas en las aulas (Olsner *et al.*, 2023).

En conclusión, la tecnología puede ser una herramienta valiosa para mejorar el aprendizaje en el aula, especialmente en aulas virtuales, a través del uso de espacios personalizados y la retroalimentación instantánea. En este trabajo, exploramos la integración de las TD en la EF en clases de matemática en la Educación Secundaria. A pesar de los avances en conectividad y la implantación del Plan Ceibal hace más de 15 años en nuestro país, todavía existen importantes desafíos para la integración efectiva de la tecnología en el aula, según un informe elaborado por Ceibal y Unicef (Cura *et al.*, 2022). Un estudio realizado por Vaillant, Rodríguez-Zidán y Bentancor-Biagas (2021) también demostró que, aunque la mayoría de los docentes reconocen la utilidad de las TD para el aprendizaje de la matemática, muchos aún tienen una baja predisposición hacia su uso en el aula.

Nuestro objetivo es identificar y analizar las TD disponibles que permitan implementar EF en clases de matemática en la Educación Secundaria. También nos proponemos examinar los aportes teóricos y prácticos que estas tecnologías brindan a la gestión pedagógica en la EF. Tal como explican Trgalová, Donevska-Todorova y Edson (2023) los estudios de investigación muestran que es casi imposible proponer una forma única de evaluar la calidad de los recursos digitales y los marcos y criterios dependen en gran medida de múltiples dimensiones de análisis; la mayoría de los marcos no son específicos de un tema, lo que los hace bastante amplios. Por tanto, si bien esta revisión no abarca específicamente el análisis de la calidad de las tecnologías

digitales, sí pretende arrojar luz sobre algunos recursos accesibles y analizar marcos que permitan entender cómo es la interacción entre estos recursos y la gestión pedagógica. Es así que esperamos brindar información valiosa para docentes, líderes escolares y tomadores de decisiones en el sector educativo, que buscan implementar EF a través de las tecnologías digitales para que a través de la comprensión del uso de la tecnología digital en el aula, puedan desarrollar autonomía en la selección y utilización de recursos.

1. ¿Qué TD hay disponibles para implementar la EF en clases de matemática en la Educación Secundaria?
2. ¿Cuáles son los aportes conceptuales y prácticos que permiten mejorar la EF en matemáticas?
3. ¿Cómo inciden las TD a la gestión pedagógica en EF en matemáticas?

2 Metodología

Utilizamos la metodología de *Rapid Review*, siguiendo las pautas del *Cochrane Rapid Review Methods Group* (Garritty *et al.*, 2021). Esta metodología se utiliza para sintetizar lo que se sabe sobre un tema de política o práctica, utilizando métodos de revisión que son sistemáticos y explícitos para buscar y evaluar la investigación existente cuando se requiere para la toma de decisiones en tiempos restringidos (Garritty *et al.*, 2021). En nuestro caso, este estudio se inscribe en un proyecto que tenía como objetivo diseñar, implementar y evaluar un programa de desarrollo profesional para docentes de matemática sobre evaluación formativa basado en evidencia. Durante el proceso de diseño del diploma constatamos que no existían síntesis de evidencia previas sobre esta temática, por lo cual se hacía necesaria una revisión sistemática, aunque con tiempos restringidos para poder utilizarla como insumo para el desarrollo profesional.

La búsqueda de estudios se llevó a cabo el 3 de julio de 2022 utilizando la siguiente combinación de términos de búsqueda: ab: (math OR mathematics) AND ab: (formative assessment OR feedback) AND ab: (ict OR technology) AND ab: (secondary education OR high school), en bases de datos de la colección de la Universidad de Bristol operada por *WorldCat.org* (incluyendo *Article First*; *Electronic Collections Online*; JSTOR; OAIster; *PapersFirst*; *PsycARTICLES*; *SAGE Journals*; *ScienceDirect*; *Springer Nature*; *Taylor and Francis Journals*; *WorldCatCatálogo*). Posteriormente, debido a la escasez de resultados relevantes para las preguntas de investigación, se realizó otra búsqueda el 8 de noviembre de

2022 en *Google Académico*. Esta búsqueda fue sistemática pero no exhaustiva analizando únicamente hasta la página 13. Filtramos estudios publicados entre 2012 y 2022, ya sea en inglés o español. Una vez finalizada la búsqueda se realizó el *screening* de títulos y resúmenes por dos revisores. Luego revisamos los artículos a texto completo. Realizamos un ejercicio piloto utilizando los mismos 5 artículos completos, que posteriormente discutimos en equipo, con el fin de calibrar y probar el formulario de revisión (Garritty *et al.*, 2021). Luego se utilizó un revisor por artículo para los incluidos, y un segundo revisor analizó nuevamente los excluidos (Garritty *et al.*, 2021). Los criterios de inclusión fueron: (1) reporta una TD en el contexto específico de la enseñanza de la matemática; (2) la TD promueve evaluación formativa (3) los participantes son docentes o estudiantes de educación secundaria. Se contactó a los autores por correo electrónico y se les consultó por información complementaria. Excluimos artículos por no disponer del texto completo y el mismo no ser facilitado por los autores. La Figura 1 muestra el diagrama de flujo, procedimiento de las búsquedas y resultados.

Realizamos la extracción de datos de los doce artículos. Primero, analizamos y codificamos las funciones de EF, el contenido matemático que abordan y la accesibilidad de cada una de las TD (Cuadro 1). Luego, identificamos y extrajimos de los artículos de nuestra revisión, modelos conceptuales que permiten comprender cómo las TD permiten mejorar la EF en matemáticas. A continuación, codificamos (Cuadro 2) aportes prácticos de las TD según funciones de EF propuestas en modelos conceptuales. Por último, realizamos un análisis de los resultados de las investigaciones revisadas, y generamos inductivamente categorías que refieren a aspectos que facilitan la gestión pedagógica de la EF y reportamos una descripción narrativa.

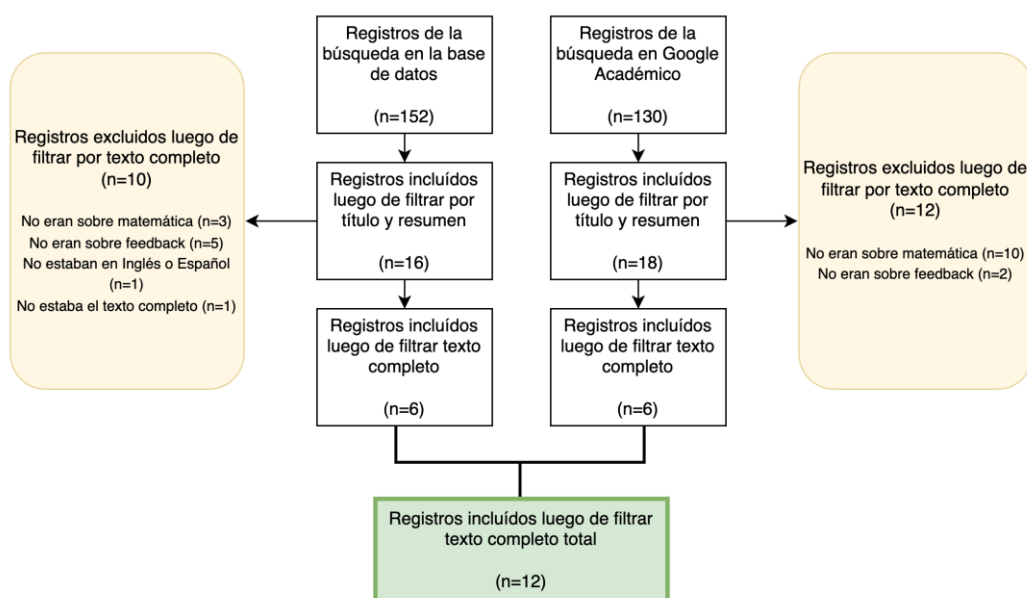


Figura 1- Diagrama de flujo del procedimiento de evaluación y selección de artículos en las bases de datos

Fuente: elaboración propia (2023)

3 Resultados

Luego de completar el proceso de búsqueda y selección de estudios, se incluyeron un total de 12 estudios en este *Rapid Review*, los cuales fueron publicados entre 2012 y 2022 y se centraron en el uso de tecnologías digitales para implementar evaluación formativa o feedback formativo en clases de matemáticas en educación secundaria. Estos estudios incluyen tanto investigaciones cuantitativas como cualitativas y abarcan diferentes contextos y enfoques teóricos: dos estudios (16%) adoptaron un enfoque basado en el diseño (Bokhove; Drijvers, 2012; Dalby; Swan, 2019), otros dos estudios (16%) realizaron estudios de caso (Reiten, 2020; Satsangi; Hammer; Hogan, 2018), cinco estudios (40%) realizaron diseños descriptivos y observacionales, con o sin grupo control tomando algunas medidas cualitativas y cuantitativas antes y después de las intervenciones (Irving *et al.*, 2016; Barana; Marchisio; Sacchet, 2019, 2021; Ibragimov; Kalimullina, 2021; Tran, 2018). Finalmente, tres documentos corresponden a literatura gris, incluyendo dos capítulos de libro (Olsher, 2019; Wright; Clark; Tiplady, 2018) y una presentación de conferencia (Shirley, 2021). De los 12 artículos, 5 abordan específicamente la EF con TD, mientras que el resto aborda el feedback con TD como estrategia independiente, no asociada al modelo conceptual de la EF.

Para responder la pregunta (1) ¿Qué TD hay disponibles para implementar la EF en clases de matemática en la Educación Secundaria? presentamos en el Cuadro 1 el listado de tecnologías mencionadas en los artículos de nuestra revisión y a continuación realizamos una breve descripción narrativa sobre cada una de ellas.

Nombre	Contenido matemático	Accesibilidad	Funcionalidad	Artículo
Mathspace	Numeración, Geometría, Álgebra.	Versión gratuita limitada	Contenido personalizado, Evaluación en tiempo real, Análisis de desempeño, Integración con Google Classroom y Microsoft Teams	https://mathspace.co/us Dalby y Swan (2019)
Algebra met Inzicht	Álgebra	No disponible en la actualidad	Comprender, visualizar, retroalimentar.	https://bokhove.net/algebra/ Bokhove y Drijvers (2012)
Moebius	Fórmulas,	Demo Gratuita	Crear actividades, recopilar	https://www.digital

Assessment	manipulación simbólica y modelado		respuestas, compartir, retroalimentación interactiva.	ed.com/mobius/assessments/ Barana, Marchisio y Sacchet (2019, 2021)
Gizmos	Resolución de ecuaciones	Demo gratuita	Simulaciones, actividades, retroalimentación y seguimiento del progreso.	https://gizmos.explolearning.com/ Reiten (2020)
Biblioteca Nacional de Manipulativos virtuales: Utah State University	Números y operaciones, álgebra, geometría, medición y análisis de datos y probabilidad	Acceso gratuito	Comprender y aplicar conceptos mediante simulación, visualización, modelación virtual.	http://nlvm.usu.edu/en/nav/vlibrary.html Satsangi, Hammer y Hogan (2018)

Cuadro 1- Tecnologías digitales disponibles para implementar EF y/o retroalimentación
Fuente: elaboración propia (2023)

Mathspace. Se enfoca en el aprendizaje de las matemáticas para estudiantes de nivel primario y secundario. El currículo de *Mathspace* se centra en conceptos matemáticos fundamentales de matemáticas básicas (números, operaciones, fracciones, decimales y proporciones), geometría (ángulos, medidas, áreas), álgebra (ecuaciones, desigualdades, funciones y sistemas de ecuaciones) y cálculo (derivadas, integrales, funciones). La versión gratuita permite a los docentes crear una clase y asignar en esta a sus estudiantes, que podrán recorrer el libro de texto y realizar las tareas. *Mathspace* presenta un ambiente ludificado, basado en una estructura de libros predefinidos que varían según lo indicado por el docente. La retroalimentación y las actividades están predefinidas.

Algebra met Inzicht. Es un *software* diseñado en el marco de una investigación. Contactamos al autor quien nos confirma que, en la actualidad, debido a los cambios en la plataforma (de *Java* a *HTML5*), la mayor parte del contenido ya no funciona. Fue diseñado específicamente para el aprendizaje de álgebra en secundaria, con un enfoque de *enseñanza por comprensión* que se centra en ayudar a los estudiantes a comprender los conceptos matemáticos antes de abordar los detalles.

Moebius Assessment. Es una herramienta de EF diseñada para ayudar a los docentes a evaluar el aprendizaje y el progreso de sus estudiantes. Permite crear y administrar evaluaciones de manera eficiente, recopilar datos en tiempo real sobre el progreso y desempeño de los estudiantes. El docente accede a recursos creados que tienen retroalimentación inmediata con respuesta y explicación. Sin embargo, tiene una característica diferente que la hace muy valiosa para nuestros objetivos de investigación. En lugar de simplemente proporcionar una

calificación o un resultado que indica si la tarea es correcta o incorrecta, *Moebius Assessment* permite a los docentes proporcionar retroalimentación detallada y guiada, retroalimentación interactiva o guiada paso a paso.

Gizmos. Es una plataforma de aprendizaje en línea que ofrece una amplia gama de herramientas y recursos para ayudar a los estudiantes a aprender matemáticas, ciencias y otros temas de una manera interactiva. Ofrece una gran cantidad de simulaciones interactivas y experimentos virtuales que pueden ser útiles para ayudar a los estudiantes a comprender mejor los conceptos matemáticos, con comentarios inmediatos y explicaciones matemáticas de los aciertos y errores. También tiene ejercicios, actividades y herramientas de evaluación y seguimiento de progreso para ayudar a los docentes a monitorear el conocimiento y el progreso de sus estudiantes.

Biblioteca Nacional de Manipulativos Virtuales. Es una colección de herramientas de aprendizaje en línea diseñadas para ayudar a los estudiantes a comprender y aplicar conceptos matemáticos y científicos, perteneciente a *Utah State University*. Incluye una amplia gama de manipulativos virtuales, que son herramientas interactivas que permiten a los estudiantes explorar conceptos matemáticos y científicos. La herramienta está basada en *Java* por lo que puede generar problemas de compatibilidad. Debido a esto, actualmente se ofrece una aplicación de pago para acceder a los manipulativos sin problemas de compatibilidad. Las simulaciones que se encuentran en la BNMV son similares a las que pueden ser encontradas en la plataforma de *GeoGebra*, una herramienta más extendida, compatible con las tecnologías actuales, y muy estudiada en educación matemática (Borba; Almeida; Chiari, 2015; Jacinto; Carreira, 2017; Prieto; Castillo; Márquez, 2020).

Por otro lado, encontramos en los artículos de la revisión, un conjunto de TD que apoyan la evaluación en el aula, mejorando la interacción y retroalimentación entre docentes y estudiantes, que los autores de los artículos emplearon para aplicar al campo de la matemática, aunque no tiene contenidos matemáticos específicos. Se trata de: *Socrative*, *Nearpod* y *Showbie* (Dalby; Swan, 2019); *GoFormative* (Shirley, 2021); *Seeing the entire picture* (Olsher, 2019); *Texas Instruments Navigator™* (Irving et al., 2016). Tienen funciones similares a tecnologías que docentes del sistema educativo uruguayo utilizan como: *Kahoot*, *Quizizz*, *Plickers*, entre otras.

Pregunta 2: ¿Cuáles son los aportes conceptuales y prácticos que permiten mejorar la EF en matemáticas?

El modelo de Dalby y Swan (2019) proporciona una visión clara y concisa de cómo las

TD pueden ser utilizadas en la evaluación formativa en matemáticas. Según este modelo, la TD es una herramienta al servicio del docente, y pueden utilizarla para gestionar cuatro estrategias clave: Preguntar, Responder, Analizar y Adaptar. Las TD que facilitan la creación de tareas y cuestiones que incentivan a los estudiantes a involucrarse significativamente con las matemáticas (Preguntar), recopilar instantáneamente la evidencia del trabajo de los estudiantes en el aula, facilitando la interpretación (Análisis) y ajuste de la enseñanza (Adeptar) para próximos pasos, todos aspectos conceptuales claves de la EF, señalados en nuestro marco teórico.

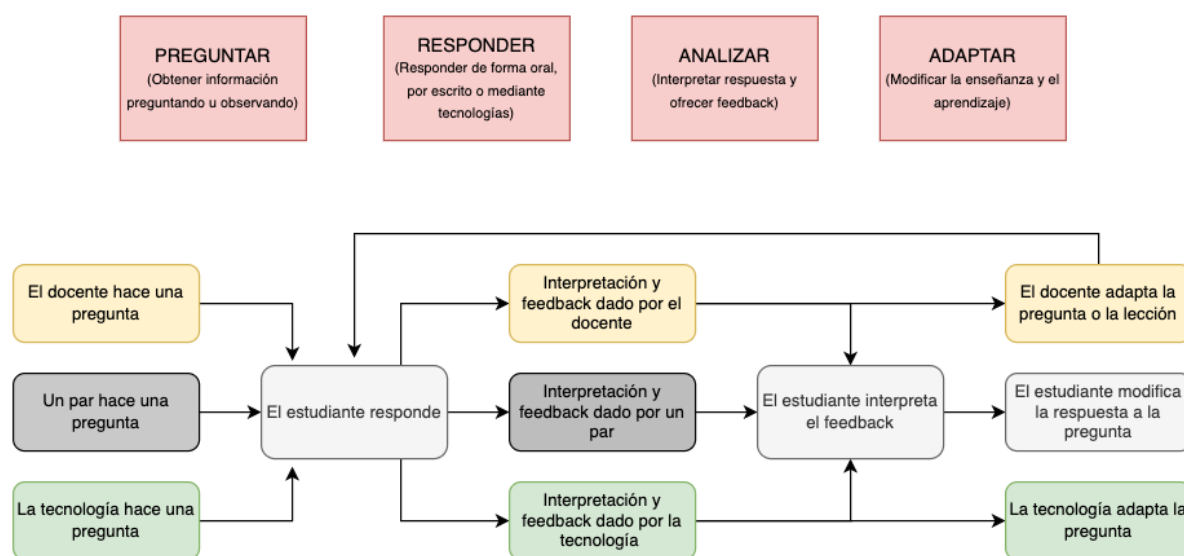


Figura 2- Procesos de Evaluación Formativa
Fuente: adaptación de Dalby y Swan (2019)

Otro aporte conceptual lo encontramos en el modelo desarrollado en el marco del proyecto faSMEd (*Formative Assessment in Science and Mathematics Education*), el cual propone clasificar las funcionalidades de la tecnología en tres categorías para mejorar la evaluación formativa: envío y visualización, procesamiento y análisis, provisión de un entorno interactivo. Estas funcionalidades de las TD al servicio de la EF se visualizan en la Figura 3. El envío y la visualización favorecen discusiones fructíferas, cuando el docente muestra el trabajo de un estudiante en la pantalla a toda la clase. En segundo lugar, una TD que permite procesar y analizar las producciones de los estudiantes, crea resúmenes estadísticos de las soluciones de toda una clase con figuras o tablas que facilitan la comunicación y la reflexión de los aciertos y errores. Finalmente, una tercera funcionalidad, es la provisión de un entorno interactivo, que además de resultar más atractivo para los estudiantes, facilita el trabajo en colaboración.

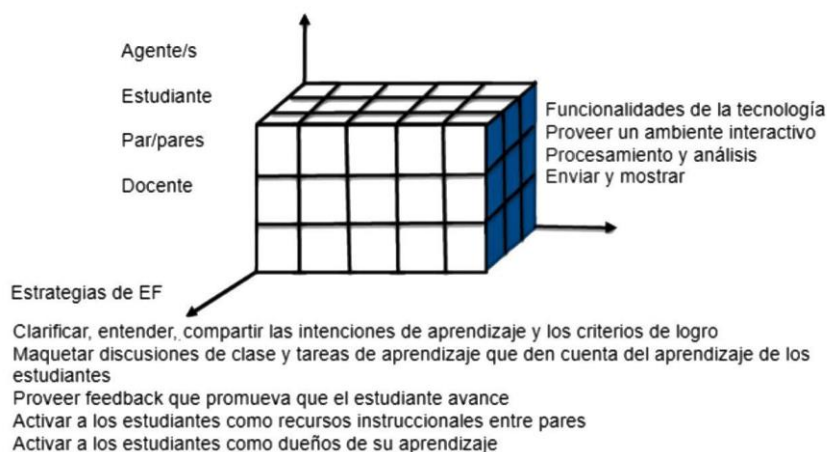


Figura 3- Descripción general del marco FaSMEd
Fuente: adaptación de Wright, Clark y Tiplady (2018)

Por otro lado, en uno de los artículos analizados (Tran, 2018) encontramos el modelo SAMR (Substitución, Aumento, Modificación, Redefinición) desarrollado por Puentedura (2006), el cual brinda una perspectiva valiosa sobre la evolución de la tecnología digital y su uso en la educación. Según el modelo, la tecnología digital puede ser utilizada en cuatro niveles que representan una evolución progresiva: Sustitución, Aumento, Modificación y Redefinición.

La *Sustitución* se refiere a cuando la TD se utiliza como una herramienta para realizar tareas que antes se hacían de forma manual, sin embargo, no cambia significativamente la tarea en sí. Por ejemplo, utilizar una hoja de cálculo en lugar de papel y lápiz para registrar las calificaciones. El *aumento* se refiere a cuando la tecnología se utiliza para mejorar la tarea, agregando características o funcionalidades que antes no existían. Por ejemplo, utilizar una aplicación de retroalimentación para brindar una retroalimentación instantánea a los estudiantes sobre sus respuestas. La *modificación* se refiere a cuando la tecnología se utiliza para cambiar significativamente la tarea y la forma en que se realiza. Por ejemplo, utilizar una plataforma de aprendizaje en línea para llevar a cabo una evaluación formativa en línea. Por último, la *redefinición* se refiere a cuando la tecnología permite nuevas tareas y formas de aprendizaje que antes eran imposibles o muy difíciles de realizar sin tecnología. Por ejemplo, utilizar un juego en línea para realizar una evaluación formativa ludificada o realizar una simulación. El objetivo no es siempre alcanzar la última categoría, sino utilizar la tecnología de manera estratégica y efectiva para mejorar la evaluación formativa.

Finalmente, un aporte conceptual y práctico relevante identificado en artículos de la revisión, consiste en problematizar la retroalimentación que sólo ofrece una verificación de la solución correcta, pero no informa sobre el proceso (Ibragimov; Kalimullina, 2021). En su

lugar, la retroalimentación interactiva ofrece pistas para guiar paso a paso al estudiante en la resolución de una tarea después de uno o más intentos autónomos (Barana; Marchisio; Sacchet, 2021). Incluso se investiga la cantidad de comentarios digitales necesarios y cuándo debemos evitarla, planteando diferentes escenarios de retroalimentación y sus efectos (Bokhove; Drijvers, 2012)

En el Cuadro 2 presentamos los resultados identificados por nuestra revisión, sintetizando las funciones de EF que los modelos conceptuales destacan e indicando cómo cada TD relevada contribuye a las mismas.

	¿Permite crear actividades? Preguntar Dalby y Swam, 2019	¿Permite feedback personalizado? Procesamiento y análisis (Wright; Clark; Tiplady, 2018)	¿Permite resumir resultados y compartir con estudiantes? Envío y visualización (Wright; Clark; Tiplady, 2018)	¿Permite hacer ajustes de la enseñanza? Adaptar Dalby y Swam (2019)
Mathspace	No: ya fueron creadas.	Sí, ofrece feedback donde se muestra el paso a paso.	Sí, ofrece distintos informes sobre a actividad y logros de los estudiantes.	Sí, el docente puede asignar distintos capítulos o libros a sus estudiantes dentro de los disponibles en la plataforma
Algebra met Inzicht	No: ya fueron creadas	Sí. Ofrece feedback donde muestra el paso a paso de la resolución	No hay información disponible.	No hay información disponible
Moebius Assessment	Sí, además cuenta com um banco de contenidos ya creados.	Sí. Ofrece feedback paso a paso.	Sí. El docente puede visualizar y compartir las resoluciones de los estudiantes en tiempo real, también puede ver cuánto tiempo el estudiante estuvo en cada ejercicio	Sí. La plataforma es editable, el docente puede fácilmente rehacer una pregunta o adaptar los ejercicios que tenía pensado hacer.
Gizmos	No, ya fueron creadas.	No, ante el error solo ofrece la respuesta correcta y una breve explicación.	Sí. El docente puede ver las respuestas de los estudiantes a cada actividad.	Sí. El docente puede asignar distintas tareas a los estudiantes y modificar las asignaciones en cualquier momento.
Biblioteca Nacional de Manipulativos virtuales: Utah State University	No, ya fueron creadas.	No hay información disponible.	No, la actividad del estudiante no es registrada.	No hay información disponible.

Cuadro 2 - Aportes prácticos de las TD según funciones de EF propuestas en modelos conceptuales
Fuente: elaboración propia (2023)

Pregunta 3 ¿Cómo inciden las TD en la gestión pedagógica en EF en matemáticas?

Para contestar a la pregunta 3 se realizó un análisis de los resultados de las investigaciones revisadas, y se generaron tres categorías relacionadas con funcionalidades de las TD que inciden potenciando la gestión pedagógica de la EF, al posibilitar sustituir, aumentar, modificar o incluso redefinir la tarea (SAMR). Se trata de: personalizar o adecuar la enseñanza, favorecer la toma de decisiones pedagógicas en tiempo real y facilitar la interacción y participación de los estudiantes. Las desarrollamos a continuación. En primer lugar, siete artículos (58,3%) señalan que la TD ayuda a que los docentes a personalizar la enseñanza (Dalby; Swan, 2019; Reiten, 2020; Ibragimov; Kalimullina, 2021; Barana; Marchisio; Sacchet, 2021; Tran, 2018; Wright; Clark; Tiplady, 2018; Olsher, 2019). Permite que los docentes identifiquen rápidamente las fortalezas y debilidades de los estudiantes en matemáticas y la puedan utilizar para dicha personalización. Por ejemplo, Dalby y Swan (2019) señalan que los docentes utilizan la TD para generar informes diagnósticos digitales automatizados, que ofrecen una descripción general del punto de partida de los estudiantes, y en base a esa evidencia planificar la enseñanza de forma más personalizada. De manera similar, Ibragimov y Kalimullina (2021) informaron que cuando los docentes participantes recibían trabajos domiciliarios de los estudiantes de manera digital previo a las clases, el docente no solo seleccionaba para la siguiente lección los temas que habían resultado desafiantes, sino que también proporcionaban consejos adicionales de manera individual a los estudiantes que tuvieron dificultades para entender el material.

En segundo lugar, al obtener información resumida y visualmente clara sobre el desempeño de los estudiantes también las TD favorecen la toma de decisiones pedagógicas en tiempo real. Cuatro de los trabajos revisados (33%) proporcionan evidencia sobre este aspecto (Dalby; Swan, 2019; Barana; Marchisio; Sacchet, 2021; Wright; Clark; Tiplady, 2018; Olsher, 2019). Por ejemplo, tanto Dalby y Swan (2019) como Wright, Clark y Tiplady (2018) encontraron que la tecnología potencialmente brinda insumos y parece fomentar amplias oportunidades para las discusiones en el aula. Los docentes pueden seleccionar y mostrar electrónicamente ejemplos del trabajo de los estudiantes para iniciar discusiones en clase y trabajar sobre conceptos erróneos (Dalby; Swan, 2019). Olsher (2019) señala que las habilidades y el conocimiento para filtrar y categorizar las respuestas de los estudiantes durante la sesión en el aula es posible para docentes con experticia, incluso en situaciones complejas de aprendizaje basado en la indagación, y logran utilizar esa información para ajustar la enseñanza.

En tercer lugar, cinco artículos (42%) señalan que la TD facilita la interacción y participación activa de los estudiantes (Bokhove; Drijvers, 2012; Dalby; Swan, 2019; Reiten, 2020; Barana; Marchisio; Sacchet, 2021; Wright; Clark; Tiplady, 2018). Las TD podrían hacer que el desarrollo de las actividades sea más atractivo y accesible para los estudiantes, lo que aumenta su motivación (Reiten, 2020) y su participación activa y colaborativa en las tareas matemáticas (Bokhove; Drijvers, 2012; Dalby; Swan, 2019; Reiten, 2020; Barana; Marchisio; Sacchet, 2021; Wright; Clark; Tiplady, 2018). Por ejemplo, Barana, Marchisio y Sacchet (2021) encontraron que el uso regular del *feedback* automático proporcionado por *Moebius Assessment*, condujo a que los estudiantes desarrollaran habilidades de autoevaluación más efectivas. En concordancia, Bokhove y Drijvers (2012) señalan que es claro que tanto el *feedback* relacionado con la tarea como el autorregulatorio puede ser utilizado por los estudiantes para superar dificultades y verificar si están siguiendo el camino correcto hacia la solución o no, fomentando su autonomía en el proceso de EF. Adicionalmente, Dalby y Swan (2019) encontraron que el utilizar la información proporcionada electrónicamente tanto durante las discusiones de aula como cuando reciben *feedback* individualizado, fomentó procesos de colaboración y co-evaluación basados en la evidencia proporcionada por la TD.

4 Discusión

Nos propusimos identificar TD para implementar EF en clases de matemática de secundaria y examinar los aportes teóricos y prácticos que estas tecnologías brindan a la gestión pedagógica de la EF en clase. Utilizamos una metodología de *Rapid Review* y obtuvimos 12 artículos que cumplieron los criterios de selección.

Al establecer las palabras clave de nuestra estrategia de búsqueda (*formative assessment* OR *feedback*), no esperábamos que el 50% de los artículos identificados se centraran en la retroalimentación en lugar de la EF. Sin embargo, esta situación nos permitió tener una visión más amplia y profunda de la importancia de la retroalimentación en el ámbito científico de la Educación Matemática, donde se considera las TD como una herramienta valiosa para simplificar la gestión pedagógica, ya que permite sustituir tareas y que los docentes administren su tiempo en interactuar con estudiantes, especialmente los que tienen mayores dificultades (White, 2006), al tiempo que amplía el "ancho de banda" de la colaboración en el aula.

Los resultados nos muestran que hay TD específicas de matemática que facilitan la implementación de la EF en clase. Presentan actividades de aprendizaje interesantes en entornos

interactivos y atractivos para los estudiantes, que podrían trascender el uso de la TD únicamente como *sustitución*, de acuerdo al modelo SAMR (Tran, 2018). Una revisión sistemática previa sobre el uso de tecnologías digitales en Educación Matemática no encontró ningún artículo que reportara tecnologías digitales para la función de sustitución (Young, 2017). Sin embargo, advierten que es más probable que aunque la tecnología se está utilizando ampliamente de manera sustitutiva, este tipo de uso no está siendo investigado ni reportado en la literatura (Young, 2017).

Aunque muchas TD ofrecen retroalimentación, la mayoría proporciona un feedback informativo respecto a si la respuesta es correcta o incorrecta, siendo menos frecuentes aquellas que guían el pensamiento del estudiante paso a paso (Van Der Kleij; Feskens; Eggen, 2015). Una de las principales preocupaciones planteadas por muchos autores es que los estudiantes a menudo no procesan la retroalimentación del primer tipo, y está claro que cuando esto sucede, se pierden todas sus potencialidades (Barana; Marchisio; Sacchet, 2021). Muchas de las TD ofrecen una retroalimentación de la respuesta correcta, inmediata y accesible para los estudiantes, y hallazgos en la literatura muestran que los estudiantes prestan poca atención a la información de retroalimentación y, en consecuencia, no la utilizan para mejorar, como Bokhove y Drijvers (2012) quienes señalaron que podría inducir a caer fácilmente en la tentación de *simplemente presionar el botón* para obtener la máxima puntuación. Aunque por otro lado Barana, Marchisio y Sachet, (2019) reportaron que los estudiantes afirmaron que fue útil visualizar el feedback inmediatamente después de dar la respuesta, y en particular les ayudó a entender cómo resolver una tarea, en particular, señalaron que la retroalimentación inmediata, dada en el momento adecuado y de forma interactiva, es decir, habiendo dejado que el estudiante lo intente una primera vez de forma autónoma y que compare luego su forma de resolución con otra dada, ayuda a los estudiantes a dominar un proceso para resolver tareas matemáticas y encontrar estrategias de resolución de problemas. De hecho, cuando los estudiantes repitieron los ejercicios con tareas similares, pero con datos diferentes, mejoraron sus calificaciones.

La EF también destaca la importancia de crear discusiones en el aula, discutir a partir de los errores más frecuentes, comparar soluciones con toda la clase, resumir conectando las ideas matemáticas de los estudiantes que surgieron en el aula; son estrategias que el docente desarrolla cuando enseña matemática con problemas abiertos (Manmai, 2020).

Todas las TD revisadas cumplen la función de analizar resultados en tiempo real y visualizar resúmenes en formatos amigables que se pueden compartir con los estudiantes para

crear este tipo de escenarios, aspectos jerarquizados también por los modelos conceptuales de Dalby y Swan (2019) y Wright, Clark y Tiplady (2018).

Automatizar las correcciones, permite que los docentes dediquen su tiempo en tareas no automatizables como dialogar con los estudiantes e interpretar el pensamiento matemático, creando climas de colaboración y retroalimentación formativa en el aula.

La tensión entre el papel de la TD y la gestión pedagógica es un aspecto que se discute en la literatura. Hay consenso en que la TD simplifica, pero no sustituye la figura clave del docente. Dalby y Swan (2019), señalan que el docente continúa siendo el centro cuando la tecnología solo proporciona retroalimentación simple al estudiante (respuestas correctas o incorrectas). Los docentes son los que tienen la capacidad de personalizar la retroalimentación y guiar al estudiante en su aprendizaje de una manera individualizada (Ibragimov; Kalimullina, 2021; Barana; Marchisio; Sacchet, 2021), basada en sus necesidades y las preguntas específicas que hagan. Además, los docentes están en una posición privilegiada para interpretar las dificultades y comprender las necesidades de los estudiantes en su aprendizaje. Según estudios de Dalby y Swan (2019) y Bokhove y Drijvers (2012), la habilidad para hacer preguntas y ofrecer retroalimentación verbal durante las discusiones en clase es un componente clave de la EF, y esta habilidad no es reemplazada por la TD.

Además, la tecnología no puede reemplazar la importancia de la interacción humana y el desarrollo de habilidades sociales y emocionales en el aula (Borba; Chiari; Almeida, 2018). En este sentido, la calidad de la retroalimentación sigue siendo fundamental para una EF efectiva. Irving *et al.* (2016) sugiere que simplemente proporcionar TD a los docentes no necesariamente hace la diferencia, en este sentido, garantizar el acceso simplemente a las TD es una primera etapa, que luego debe acompañarse de las transformaciones necesarias que apunten a un uso con sentido pedagógico de la tecnología (da Silva, 2014). En su lugar, postula que las TD aumentan las oportunidades de aprendizaje actuando como herramienta de mediación para crear un ambiente de clase formativo.

En concordancia, la revisión sistemática de Young (2017) concluyó que la TD tiene el potencial de abrir nuevas vías para que los estudiantes construyan y comprendan conocimientos matemáticos, así como para desarrollar nuevos enfoques para la resolución de problemas. Sin embargo, esto requiere que los docentes promuevan un cambio en el enfoque pedagógico del aula, en términos de la participación de los estudiantes en el aprendizaje (Young, 2017).

Reiten (2020) reportó que para que los docentes implementen tareas basadas en tecnología, se precisa tiempo y formación, para buscar y seleccionar tareas, modificar para que

se ajusten a sus objetivos de aprendizaje y necesidades de los estudiantes. En este sentido, el foco de nuestro trabajo es proveer a los docentes de herramientas que permitan hacer mejor uso de las TD para la EF, y en esta línea consideramos a la reflexión docente como una pieza fundamental del proceso de selección de las TD. Al respecto, el modelo SAMR y en particular el trabajo de Bentancor-Biagas (2022) ampliando el modelo y aplicándolo a la realidad uruguaya, brindan herramientas para que el profesorado pueda analizar las herramientas a utilizar y las tareas a proponer, para que el trabajo matemático y en particular el feedback sean significativos para el proceso de los estudiantes. Además, Bentancor-Biagas (2022) señala que en general las habilidades de los docentes en el uso y la creación de recursos digitales son bajas, lo que genera que un gran número de éstos solo sean consumidores de TD ya elaboradas. Por lo que promover la reflexión y la formación de los docentes como consumidores críticos es una tarea fundamental.

Otro elemento de interés que surge de nuestro análisis es la ausencia de la plataforma ALEKS (sigla en inglés de Evaluación y Aprendizaje en Espacios de Conocimiento) en los resultados de nuestra búsqueda. ALEKS es la plataforma disponible para estudiantes y docentes uruguayos de todas las instituciones educativas a través de Ceibal y hace uso de la inteligencia artificial para determinar los recorridos de aprendizaje de los estudiantes, basándose en la teoría de los espacio de conocimiento (Falmagne *et al.*, 1990). Esto puede deberse a que muchos de los artículos vinculados al uso de la plataforma (Hockemeyer, 2023) se centran en los efectos de esta en los resultados de test estandarizados y no en el *feedback* proporcionado por la misma. Desde nuestra perspectiva, es de interés y podría ser una línea futura de trabajo, realizar un análisis del feedback proporcionado por la plataforma a los estudiantes y su utilización para la evaluación formativa en las clases de matemática.

Finalmente, la implementación de evaluaciones formativas a través de tecnologías digitales está limitada porque su acceso no es gratuito. Esto crea una brecha digital y una desigualdad educativa que pone a los países con menor inversión económica en educación en desventaja en comparación con aquellos que invierten más. Debido a esto, entendemos fundamental que nuestros países inviertan en investigación, formación docente en esta área, y en la producción de TD de calidad y de acceso libre para toda la comunidad educativa.

5 Limitaciones

En la primera búsqueda obtuvimos un número limitado de resultados, lo que sugiere que

debimos ampliar la variedad de términos de búsqueda utilizados en nuestra estrategia. Sin embargo, para cumplir los objetivos más amplios del proyecto, decidimos seguir con la metodología de *Rapid Review*. Es importante señalar que la segunda búsqueda en *Google Académico* no fue exhaustiva, ya que solo revisamos hasta la página 13. Esta limitación podría haber resultado en la exclusión de algunos resultados relevantes para nuestra investigación, especialmente estudios latinoamericanos que no fueron capturados en nuestra búsqueda.

6 Conclusión

Las TD pueden ser útiles para implementar EF en clases de matemática de secundaria, especialmente en términos de retroalimentación inmediata y personalizada, pero también como facilitadora de la discusión y la reflexión tanto en pequeños grupos como con la clase en general, al posibilitar identificar errores y aciertos frecuentes y compartir visualmente en entornos interactivos amigables. Sin embargo, es importante destacar que las TD presentadas en este artículo y otros sistemas de retroalimentación en tiempo real dependen en gran medida de cómo se utilizan y de la forma en que se integran en la EF. Por lo tanto, es importante tener en cuenta tanto los aspectos técnicos como pedagógicos al evaluar su impacto. La calidad de la retroalimentación es fundamental para una EF efectiva, y los docentes tienen un papel importante en la personalización e interpretación de las necesidades de los estudiantes en su aprendizaje. En última instancia, las TF pueden ser una herramienta valiosa para crear un ambiente de clase formativo y mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

Referencias

- ANDRADE, H.; CIZEK, G., J. **Handbook of formative assessment**. Nueva York: Routledge, 2010.
- BARANA, A.; MARCHISIO, M.; SACCHET, M. Advantages of Using Automatic Formative Assessment for Learning Mathematics. In: DRAAIJER, S.; JOOSTEN-TEN BRINKE, D.; RAS, E., (eds)., **Technology Enhanced Assessment**. Amsterdam: Springer Nature, 2019. p. 180-198.
- BARANA, A.; MARCHISIO, M.; SACCHET, M. Interactive Feedback for Learning Mathematics in a Digital Learning Environment. **Educ. Sci.**, Basel, v. 11, n. 279, p. 1-21, 2021.
- BÁRCENA, A.; URIBE, C. **La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19**. Santiago: CEPAL, UNESCO, 2020.
- BENTANCOR-BIAGAS, J. G. **Modelación Matemática**: estrategias de enseñanza con herramientas digitales en el Ciclo Básico de Educación Media de Montevideo. 2022. 315. Tesis (Doctorado en Educación) - Instituto de Educación, Universidad ORT Uruguay, Montevideo, 2022.

- BINGHAM, A.; PANE, J.; STEINER, E.; HAMILTON, L. Ahead of the Curve: Implementation Challenges in Personalized Learning School Models. **Educational Policy**, Los Angeles, v. 32, n. 3, p. 454-489, 2018.
- BLUNDELL, C.; MUKHERJEE, M; NYKVIST, S. A scoping review of the application of the SAMR model in research. **Computers and Education Open**, London, v. 3, p. 1-12. 2022
- BOKHOVE, C.; DRIJVERS, P. Effects of feedback in an online algebra intervention. **Technology, Knowledge and Learning**, Dordrecht, v. 17, n. 1-2, p. 43-59, 2012.
- BORBA, M.C.; CHIARI, A.S.; DE ALMEIDA, H.R.F.L. Interactions in virtual learning environments: new roles for digital technology. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 98, n. 3, p. 269-286, 2018.
- BORBA, M. de C.; ALMEIDA, H. R. F. L. de; CHIARI, A. S. de S. Tecnologias Digitais e a relação entre teoria e prática: uma análise da produção em trinta anos de Bolema. **Bolema**, Rio Claro, v. 29, n. 53, p. 115-1140, 2015.
- CLARK-WILSON, A.; OLDKNOW, A.; SUTHERLAND, R. **Digital technologies and mathematics education: Executive summary**. Londres: Joint Mathematical Council of the United Kingdom, 2011.
- COLL, C., MAURI, T; ONRUBIA, J. Análisis de los usos reales de las tic en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural. **Revista Electrónica de Investigación Educativa**, Ciudad de México, v. 10, n. 1, p. 1-18, 2008.
- CURA, D.; SCASSO, M.; RIBEIRO, N. J.; MÁRQUEZ, M. E. **Desafíos y oportunidades para la equidad educativa**. Principales barreras para el acceso y el aprovechamiento de las herramientas de Ceibal, en niños, niñas y adolescentes de Uruguay Resumen ejecutivo. Montevideo: Ceibal, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia, 2022.
- DA SILVA, M. Plan Ceibal: apropiación de las TIC 's desde una perspectiva con Derechos. **Temas de Educación**, Coquimbo, v. 20, n. 2, p. 37-54, 2014.
- DALBY, D.; SWAN, M. Using digital technology to enhance formative assessment in mathematics classrooms. **British Journal of Educational Technology**, London, v. 50, n. 2, p. 832-845, 2019.
- DIÁLOGO INTERAMERICANO. **El Estado de la Conectividad Educativa en América Latina**: Grupo de Trabajo sobre Tecnología e Innovación en la Educación. Washington DC: The Dialogue, 2021. Disponible en: <https://www.thedialogue.org/analysis/el-estado-de-la-conectividad-educativa-en-america-latina-desafios-y-oportunidades-estrategicas/?lang=es>. Acceso en: 22 ago. 2024.
- FALMAGNE, J. C.; KOPEN, M.; VILLANO, M.; DOIGNON, J. P; JOHANNESSEN, L. Introduction to knowledge spaces: How to build, test, and search them. **Psychological Review**, Washington, v. 97, n. 2, p. 201-224, 1990.
- GARRITTY, C.; GARTLEHNER, G.; NUSSBAUMER-STREIT, B.; KING, V.J; HAMEL, C.; KAMEL, C.; AFFENGRUBER, L.; STEVENS, A. Cochrane Rapid Reviews Methods Group offers evidence-informed guidance to conduct rapid reviews. **Journal of clinical epidemiology**, Philadelphia, v. 130, p. 13-22, 2021.
- GHYSELS, J.; HAELERMANS, C. New evidence on the effect of computerized individualized practice and instruction on language skills. **J. Comput. Assist. Learn.**, Oxford, v. 34, n. 4, p. 440-449, 2018.

GRAHAM, S.; HEBERT, M.; HARRIS, K. R. Formative assessment and writing. **The Elementary School Journal**, Chicago, v. 115, n. 4, p. 523-547, 2015.

HATTIE, J.; TIMPERLEY, H. The Power of Feedback. **Review of Educational Research**, Thousand Oaks, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007.

HOCKEMEYER, C. **Bibliography on Knowledge Spaces [Bibliography]**. Graz: Universidad de Graz, 2023. Disponible en: <https://kst.hockemeyer.at/kst-bib.html>. Acceso en: 22 ago. 2024.

IBRAGIMOV, G. I.; KALIMULLINA, A. A. Descriptors Derived from Feedback on Teaching Mathematics in School. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, Sidney, v. 17, n. 10, p. 1-9, 2021.

IRVING, K.; PAPE, S.; OWENS, D.; ABRAHAMSON, L.; SILVER, D.; SANALAN, V. Classroom connectivity and Algebra 1 achievement: A three-year longitudinal study. **Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching**, Waynesville, v. 35, n. 2, p. 131-151, 2016.

JACINTO, H.; CARREIRA, S. Diferentes Modos de Utilização do GeoGebra na Resolução de Problemas de Matemática para Além da Sala de Aula: evidências de fluência tecno-matemática. **Bolema**, Rio Claro, v. 31, n. 57, p. 266-288, 2017.

KINGSTON, N.; NASH, B. Formative Assessment: A Meta-Analysis and a Call for Research. **Educational Measurement: Issues and Practice**, Malden, v. 30, n. 4, p. 28-37, 2011.

KLUTE, M.; APTHORP, H.; HARLACHER, J.; REALE, M. **Formative assessment and elementary school student academic achievement**: A review of the evidence. REL 2017-259. Denver: Regional Educational Laboratory Central. 2017.

LEE, H.; CHUNG, H. Q.; ZHANG, Y.; ABEDI, J.; WARSCHAUER, M. The effectiveness and features of formative assessment in US K-12 education: A systematic review. **Applied Measurement in Education**, Abingdon, v. 33, p. 124-140, 2020.

LOONEY, J. **Thinking Deeper Research Paper No.1 - Part 3. Making it happen**: Formative Assessment and Educational Technologies. Seattle: Promethean Educational Strategy Group, 2010.

MANMAI, T. O.; INPRASITHA, M.; CHANGSRI, N.; PATTANAJAK, A. Development of reasoning habits through lesson study and open approach teaching practices. **International Educational Research**, Culver City, v. 3, n. 2, p. 29-36, 2020.

NATIONAL COUNCIL OF TEACHERS OF MATHEMATICS - NCTM. **Curriculum Focal Points for Prekindergarten through Grade 8 Mathematics**. Reston, VA: NCTM, 2008.

NICOL, D. J.; MACFARLANE-DICK, D. Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. **Studies in Higher Education**, London, v. 31, n. 2, p. 199-218, 2006.

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS (OECD). **Enseñar con tecnología. TEACHING in Focus**. Paris: OECD, 2015. Disponible en: <https://www.oecd.org/education/school/Teaching-in-Focus-brief-12-Spanish.pdf>. Acceso en: 22 ago. 2024.

OLSHER, S. Making Good Practice Common Using Computer-Aided Formative Assessment. *In*:

INTERNATIONAL CONFERENCE ON TECHNOLOGY IN MATHEMATICS TEACHING, 13., 2017, Lyon. **Proceedings...** Cham: Springer, 2019. p. 31-47. Notes: Kindle Editions

OLSHER, S.; CHAZAN, D.; DRIJVERS, C.; SANGWIN, C.; YERUSHALMY, M. "Digital Assessment and the "Machine"". En: PEPIN, B., GUEUDET, G., CHOPPIN, J. (eds) **Handbook of digital resources in mathematics education**. Cham: Springer, 2023. p. 1-27, 2023.

PRIETO G., J. L.; CASTILLO B., L. A.; MÁRQUEZ T., M. Formas de colaboración humana entre profesores y alumnos durante la elaboración de simuladores con GeoGebra. *Bolema*, Rio Claro, v. 34, n. 66, p. 199-224, 2020.

PUENTEDURA, R. **Transformation, Technology, and Education**. Williamstown: Hippasus, 2006. Disponible en: <http://hippasus.com/resources/tte/>. Acceso en: 22 ago. 2024.

REITEN, L. Why and how secondary mathematics teachers implement virtual manipulatives. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, Washington, v. 20, n. 1, p. 55-84, 2020.

RIVERA, P.; SÁNCHEZ, E.; CORTÉS, B. La disrupción de lo presencial a lo virtual. Percepciones de los directores de docencia sobre el uso de plataformas digitales en contexto de pandemia en una universidad del norte de Chile. **Páginas de Educación**, Montevideo, v. 14, n. 2, p. 77-95, 2021. DOI: 10.22235/pe.v14i2.2607. Disponible en: <https://revistas.ucu.edu.uy/index.php/paginasdeeducacion/article/view/2607>. Acceso em: 21 jun. 2023.

ROJAS, E. F.; POVEDA, L.; GRIMBLATT, N. **Estado de la banda ancha en América Latina y el Caribe 2016**. Santiago: Cepal y Cooperación Alemana, 2016. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40528/S1601049_es.pdf?sequence=6&isAllowed=y. Acceso en: 22 ago. 2024.

SATSANGI R.; HAMMER, R.; HOGAN, C. D. Studying virtual manipulatives paired with explicit instruction to teach algebraic equations to students with learning disabilities. **Learning Disability Quarterly**, Austin, v. 41 n. 4, p. 227-242, 2018.

SCHILDKAMP, K. F. M; VAN DER KLEIJ, M. C; HITINK, W. B; KIPPERS, W. B; VELDKAMP, B.P. "Formative Assessment: A Systematic Review of Critical Teacher Prerequisites for Classroom Practice." **International Journal of Educational Research**, Oxford, v. 103, p. 1-16, 2020.

SHIRLEY, M. **Differentiate Assessment & Feedback**: Formative (goformative.com). MMC Formative Workshop - Hands on Experience with Formative (formative & real time feedback of student work). Chicago: IMSA, 2021. Disponible en: <http://works.bepress.com/marti-shirley/5/> Acceso en: 22 ago. 2024.

THINWIANGTHONG, S.; EDDY, C., M.; INPRASITHA, M. "Mathematics teachers' abilities in developing formative assesment after the introduction of lesson study and open approach innovations". **Malaysian Journal of Learning and Instruction**, Kuala Lumpur, v. 17 n. 1, p. 101-132, 2020.

TRAN, V. **Identifying Mathematic Technology Tools for Student Success**. Edmonton: University of Alberta Libraries, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.7939/R35X25V2Q>. Acceso en: 22 ago. 2024.

TRGALOVÁ, J.; DONEVSKA-TODOROVA, A.; EDSON, A., J. Evaluation of Digital Resources: The "How" and "What for". En: PEPIN, B.; GUEUDET, G.; CHOPPIN, J. (eds) **Handbook of digital**

resources in mathematics education. Cham: Springer, 2023. p. 1-28.

UGWUANYI, C. S.; OKEKE, C. I. O; MOKHELE-MAKGALWA, M. L. University Academics' Perceptions Regarding the Use of Information Technology Tools for Effective Formative Assessment: Implications for Quality Assessment through Professional Development. **International Journal of Higher Education**, Toronto, v. 11, n. 1, p. 1-11, 2022.

VAILLANT, D.; RODRÍGUEZ-ZIDÁN, E.; BENTANCOR-BIAGAS, G. Plan CEIBAL and the Incorporation of Digital Tools and Platforms in the Teaching of Mathematics According to the Teachers' Perceptions. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, Sidney, v. 17, n. 12, p. 1-11, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.29333/ejmste/11307> Acesso em: 22 ago. 2024.

VAN DER KLEIJ, F. M.; FESKENS, R. C. W.; EGGEN, T. J. H. M. Effects of Feedback in a Computer-Based Learning Environment on Students' Learning Outcomes. **Review of Educational Research**, Los Angeles, v. 85, n. 4, p. 475-511, 2015. DOI 10.3102/0034654314564881. Disponível em: <https://search-ebscohost-com.proxy.timbo.org.uy/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=111016126&lang=es&site=ehost-live>. Acesso em: 17 fev. 2023.

VILLA-OCHOA, J. A.; MOLINA-TORO, J. F.; BORBA, M. C. Roles of technologies for future teaching in a pandemic: Activity, agency, and humans-with-media. **ZDM – Mathematics Education**, Berlin, v. 55, n. 1, p. 207-220, 2023.

WANG, Q. A generic model for guiding the integration of ICT into teaching and learning. **Innovations in Education and Teaching International**, London, v. 45, n. 4, p. 411-419, 2008. DOI: 10.1080/14703290802377307. Disponível em: <https://www.tandfonline-com.kuleuven.e-bronnen.be/doi/full/10.1080/14703290802377307> . Acesso em: 22 ago. 2024.

WHITE, T. Code talk: Student discourse and participation with networked handhelds. **Int. Jour. Computer-Supported Collaborative Learning**, Bloomington, v. 1, 3, , p. 359-382, 2006.

WILIAM, D.; THOMPSON, M. Integrating Assessment with Learning: What Will It Take to Make It Work?. En DWYER, C. A. (ed.). **The Future of Assessment: Shaping Teaching and Learning**. Abingdon: Routledge., 2008. p. 53-82.

WIJAYA, A. The role of mathematics teacher in the digital era. **Journal of Physics: Conference Series**, Bristol, v. 1581, n. 1 , p. 1-8, 2020.

WILKERSON, T. **Using Formative Assessments Effectively**. Reston, VA: NCTM, 2022. Disponível em: <https://www.nctm.org/News-and-Calendar/Messages-from-the-President/Archive/Trena-Wilkerson/Using-Formative-Assessment-Effectively/> Acesso em: 22 ago. 2024.

WRIGHT, D., CLARK, J.; TIPLADY, L. Designing for formative assessment: A toolkit for teachers. En THOMPSON, D. R.; BURTON, M.; CUSI, A.; WRIGHT, D. (eds.), **Classroom assessment in mathematics: Perspectives from around the globe**. Cham: Springer, 2018. p. 207-228.

YOUNG, J. Technology integration in mathematics education: Examining the quality of meta-analytic research. **International Journal on Emerging Mathematics Education**, Jakarta, v. 1, n. 1, p. 71-86, 2017.

Submetido em 23 de Fevereiro de 2023.
Aprovado em 07 de Julho de 2024.

