

Aprender matemática en el siglo XXI: A sumar con tecnología

2020-09-17

Aprender matemática en el siglo XXI: A sumar con tecnología

Este libro reúne a destacados expertos en el área de las matemáticas para arrojar luz sobre la forma en que los gobiernos pueden aprovechar el potencial de la tecnología para mejorar el aprendizaje de los y las estudiantes. Presenta tanto un diagnóstico de los principales desafíos para el aprendizaje de la matemática en la región como una descripción de modelos tecnológicos con potencial para producir mejoras en el aprendizaje.

Este libro reúne a destacados expertos en el área de las matemáticas para arrojar luz sobre la forma en que los gobiernos pueden aprovechar el potencial de la tecnología para mejorar el aprendizaje de los y las estudiantes. Presenta tanto un diagnóstico de los principales desafíos para el aprendizaje de la matemática en la región como una descripción de modelos tecnológicos con potencial para producir mejoras en el aprendizaje.

****APRENDER MATEMÁTICA EN EL SIGLO XXI**

A SUMAR CON TECNOLOGÍA**

Descargue el libro completo en [formato PDF](#)

****INTRODUCCIÓN: MEJORAR LA EDUCACIÓN EN MATEMÁTICA A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA**

Elena Arias Ortiz (Banco Interamericano de Desarrollo),*

Julián Cristia (Banco Interamericano de Desarrollo)

y Santiago Cueto (GRADE y Pontificia Universidad Católica del Perú)

<http://eduteka.icesi.edu.co/pdfdir/bid-aprender-matematica-en-el-siglo-XXI-a-sumar-con-tecnologia.pdf>

El inicio del siglo XXI ha sido testigo de cambios tecnológicos a una velocidad exponencial, provocados particularmente por el incremento del acceso a Internet. Estos cambios están abriendo oportunidades en áreas como la industria, el comercio, los medios de comunicación y la salud. Las innovaciones en la tecnología de la información y las comunicaciones (TIC) han despertado un interés particular en el sector educativo. En los países de América Latina y el Caribe (ALC), este interés se ha materializado en importantes inversiones públicas para aumentar el acceso de los alumnos a las computadoras y a Internet con el fin de mejorar los resultados académicos. Las inversiones en dicha tecnología también apuntan a disminuir o eliminar la “brecha digital”, entendida como la diferencia que se crea entre aquellos que tienen acceso a la tecnología y quienes no lo tienen. Los investigadores sugieren que hay otro nivel de esta brecha que implica no solo el acceso sino también las habilidades aprendidas para usar la tecnología (Sunkel, Trucco y Espejo 2013).

En principio, el uso de la tecnología puede mejorar significativamente el proceso educativo, al aumentar la motivación de los alumnos, personalizar la enseñanza, facilitar el trabajo en grupo, permitir una retroalimentación inmediata para los alumnos y posibilitar el monitoreo en tiempo real por parte de los docentes y otros actores [1]. Sin embargo, las grandes inversiones en tecnología en el sector educativo en ALC han sido objeto de un acalorado debate. Existe un abismo entre el impacto esperado de la tecnología y los resultados reales. De hecho, las pocas evaluaciones rigurosas realizadas hasta la fecha sugieren que los programas de tecnología educativa han tenido efectos limitados en el aprendizaje de los alumnos (Lubin 2018).

Un ejemplo típico del desajuste entre la expectativa y la realidad es el programa Una Laptop por Niño, que busca mejorar la educación en las regiones más pobres del mundo. El programa se implementó a nivel internacional, pero fue especialmente popular en ALC. De hecho, de los 2,4 millones de laptops distribuidas globalmente dentro del programa, alrededor del 80% se repartió en la región. Por ejemplo, en Uruguay todos los alumnos del país recibieron una laptop en el marco del programa. Perú también participó, y se compraron más de 800.000 laptops.

Desafortunadamente, una evaluación rigurosa y a gran escala del Programa Una Laptop por Niño en Perú mostró que, a pesar de que el programa tuvo algunos efectos positivos en las habilidades cognitivas generales y digitales, no tuvo efectos medibles en matemática ni en comprensión lectora, que era uno de los objetivos del gobierno (Cristia et al. 2017).

PROMOVIENDO EL USO DE PROGRAMAS GUIADOS

La discusión pública generada a partir de Cristia et al. (2017) revela una fuerte demanda de evidencia rigurosa por parte de los gobiernos y otras partes interesadas. En particular, existe gran interés en saber cómo se pueden aumentar los beneficios educativos con el uso de la tecnología. Cristia y sus colegas utilizaron encuestas a alumnos y maestros, registros de computadora y una evaluación cualitativa paralela para demostrar que la falta de resultados académicos puede explicarse, parcialmente, por el uso limitado de computadoras en actividades directamente dirigidas al aprendizaje de matemática y comprensión lectora.

Hay pocas evaluaciones rigurosas de otros programas a gran escala en ALC, lo que cuestiona hasta qué punto las inversiones en tecnología mejoran los resultados académicos en la región. De hecho, los programas nacionales pioneros en TIC y educación, como Enlaces en Chile y Plan Ceibal en Uruguay, han dado grandes pasos para cerrar la brecha digital en sus países [2]. Sin embargo, son escasas las evaluaciones que explican cómo los diversos componentes de estos programas de TIC afectan el aprendizaje de los alumnos. Aunque las políticas nacionales para apoyar las TIC en la educación pueden no tener un impacto directo en el aprendizaje de los alumnos en sus primeras fases, es crucial establecer un efecto causal, dadas las importantes inversiones involucradas. Además, las evaluaciones ofrecen lecciones

fundamentales, que pueden usarse para mejorar el diseño de los programas en toda la región.

Una revisión de las evaluaciones de tecnología educativa (Arias Ortiz y Cristia 2014) contribuye a esclarecer este debate. En particular, esta revisión encuentra que los programas que guían claramente a los participantes sobre cómo usar los recursos tecnológicos disponibles fomentan mejores resultados académicos que aquellos que no guían el uso de la tecnología. Un programa se considera como “guiado” si define específicamente el tema objetivo, el software que se usará y la duración semanal de su utilización. Es decir, un programa guiado define claramente las tres “S”, en inglés: subject (tema), software y schedule (horario/calendario). En contraste, los programas “no guiados” brindan acceso a recursos tecnológicos, pero el usuario (maestro o alumno) debe definir el objetivo de aprendizaje, el software involucrado y la frecuencia de uso.

Según esta definición, el Programa Una Laptop por Niño en Perú no era de tipo guiado. A través de este programa, el gobierno de Perú distribuyó de manera entusiasta laptops personales para alumnos de escuelas primarias de zonas rurales. Los maestros recibieron capacitación durante una semana, pero se les brindó poca orientación sobre cómo integrar las computadoras en las prácticas pedagógicas. En contraste, en un programa implementado en escuelas primarias de la India (Banerjee et al. 2007), los alumnos usaban computadoras durante dos horas cada semana, y en este caso el nivel “difícil” de ejercicios matemáticos fue personalizado y el programa generó mejoras significativas en el rendimiento matemático de los alumnos.

Los efectos de los programas guiados también varían en una gama más amplia de resultados que los efectos de los programas no guiados (Arias Ortiz y Cristia 2014). Es decir, mientras que algunos programas guiados generan grandes efectos positivos, otros generan pocos o incluso negativos. Esta dispersión sugiere altos retornos de la experimentación con diferentes modelos de programas guiados para identificar los más efectivos. Además, la revisión también documenta que los programas guiados se encuentran entre los programas educativos con mayor impacto en el rendimiento académico, lo que demuestra el gran potencial de la tecnología para mejorar el aprendizaje de los alumnos. Esto es particularmente cierto en el caso de las

habilidades matemáticas, donde los efectos parecen ser mayores que para la comprensión lectora.

Sin embargo, a pesar de la evidencia limitada de programas tecnológicos efectivos que se han implementado a gran escala, se debe reconocer que la tecnología en general y las computadoras en particular están aquí para quedarse. Los cambios tecnológicos del siglo XXI requieren que los jóvenes se gradúen del sistema educativo con un dominio tecnológico suficiente para desempeñarse bien en el mercado laboral. A medida que la presencia de computadoras e Internet se vuelve cada vez más primordial dentro del proceso educativo, los gobiernos continuarán invirtiendo en ello. Por lo tanto, la cuestión de cómo usar la tecnología de una manera costo-efectiva es de suma importancia.

Al mismo tiempo, cabe destacar los principales desafíos educativos que enfrentan los países de ALC. Para empezar, los niveles promedio de rendimiento académico son bajos en toda la región (Bos et al. 2016a). Esto es problemático porque el bajo desempeño en las pruebas estandarizadas está directamente relacionado con un desempeño económico deficiente a nivel país (Hanushek y Woessmann 2009, 2012). Además de eso, hay grandes brechas de habilidades entre los individuos provenientes de hogares de bajos y altos ingresos y de zonas urbanas y rurales (véase el capítulo 4).

La matemática es un área de aprendizaje particularmente crítica, y la mayoría de los alumnos de ALC no alcanza los niveles de competencia más básicos. En general, los alumnos de la región muestran un bajo rendimiento en matemática, lenguaje y ciencias y, de las tres asignaturas, el rendimiento en matemática es siempre el peor. El 63% de los alumnos de 15 años de la región no han alcanzado el nivel 2 (nivel básico) de competencia en matemática, en comparación con el 50% en ciencias y el 46% en lenguaje (Bos et al. 2016b). Sin embargo, el dominio de matemática es fundamental para las ocupaciones en ciencia, tecnología e ingeniería, campos que se espera que tengan una demanda creciente en los próximos años.

CÓMO MEJORAR EL APRENDIZAJE DE MATEMÁTICA EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE UTILIZANDO TECNOLOGÍA

En este contexto, este libro busca responder una pregunta: ¿Cómo pueden los gobiernos de ALC mejorar el aprendizaje de matemática utilizando la tecnología? Para responder la pregunta, el libro identifica, revisa y sintetiza conocimiento relevante para diseñar programas educativos que utilizan tecnología en la enseñanza de matemática en escuelas primarias de la región. En todo el mundo, investigadores, políticos y profesionales han estado experimentando y generando conocimiento sobre formas efectivas de usar la tecnología para mejorar el aprendizaje de matemática. Desafortunadamente, este conocimiento está disperso en una multitud de estudios e informes, conocidos solo por un rango de especialistas de los campos de educación, economía, psicología e informática. Al describir en detalle los programas y políticas prometedores que incorporan la tecnología en el aula y analizar su impacto, esta publicación proporciona una revisión profunda, y que se espera que sea útil, de la situación, lo cual es particularmente relevante para directores de tecnología y sus equipos técnicos en programas educativos de ALC, para especialistas en educación de organizaciones multilaterales y no gubernamentales, y para otros actores involucrados en la implementación de proyectos en esta área.

Al preparar este libro, se reconoció rápidamente un gran desafío: los programas efectivos pueden variar según el grado y el contexto. Por ejemplo, los programas que pueden ser efectivos en la escuela primaria pueden no funcionar bien en la secundaria. Además, aquellos capaces de funcionar bien en zonas urbanas pueden ser menos efectivos en áreas rurales. Este estudio se enfoca específicamente en programas que fomentan el aprendizaje de matemática en escuelas primarias de zonas urbanas de ALC.

El análisis de la educación primaria es fundamental para ayudar a los países a mejorar los resultados educativos de los alumnos desfavorecidos que con frecuencia carecen de las habilidades básicas necesarias para alcanzar los niveles de estudios secundario y superior. De hecho, la evidencia sugiere que las políticas para expandir la educación primaria en ALC han sido exitosas: la matrícula ahora es casi universal. Sin embargo, la calidad de la educación sigue siendo baja (Ganimian y Murnane 2016). Por lo tanto, explorar en profundidad cómo la tecnología educativa puede abordar mejor este desafío proporcionará una gran oportunidad a los países de la región para potenciar el uso de las inversiones recientes de acceso a la tecnología en la escuela primaria. El

enfoque en matemática que propone este libro tiene una ventaja adicional: las expectativas de aprendizaje en esta materia, expresadas en los currículos nacionales y los marcos de evaluación internacionales, son bastante similares en todos los países de la región y del mundo, lo cual facilita la adaptación de soluciones de un país a otro.

El libro se centra en zonas urbanas, ya que ALC es una región altamente urbanizada y, por lo tanto, la gran mayoría de los alumnos se concentra en ciudades. No obstante, si bien evaluar los efectos de un mayor número de personas tiene sentido para las políticas, se espera que el alcance de estas páginas se amplíe en el futuro a estudios en zonas rurales. Muchos de los alumnos de menor rendimiento en la región viven en estas últimas. Ellos enfrentan desafíos educativos importantes relacionados con sus características socioeconómicas (por ejemplo, pobreza y etnicidad), y su acceso a infraestructura y recursos públicos (por ejemplo, electricidad e Internet) es reducido y desigual.

Finalmente, a lo largo del libro, el significado de la palabra “tecnología” está restringido a computadoras (de escritorio, laptops, netbooks) y tabletas. Estas son herramientas poderosas que facilitan una gran variedad de formas de buscar y procesar información. Las herramientas tecnológicas comúnmente utilizadas en los programas de educación a distancia, como la televisión y la radio, no fomentan interacciones tan ricas entre alumnos y maestros, por lo que no se incluyen en el análisis de esta publicación.

UNA REVISIÓN DE LOS DESAFÍOS DE ENSEÑAR MATEMÁTICA

Este libro está dividido en dos partes. La primera comprende los capítulos del 1 a 4 y tiene como objetivo documentar los principales desafíos para el aprendizaje de matemática en ALC. En particular, estos capítulos buscan identificar procesos de enseñanza efectivos para el aprendizaje, pero que no prevalecen en la región. En otras palabras, la primera parte del libro procura proporcionar un diagnóstico exhaustivo de los principales desafíos para la enseñanza y el aprendizaje de matemática en la región. La segunda parte, que comprende los capítulos del 5 al 8, destaca cómo estos procesos educativos pueden fortalecerse mediante el uso de la tecnología, y describe los principales tipos de programas o modelos que utilizan tecnología y son relevantes para los desafíos en la enseñanza de la matemática que

ALC enfrenta en la actualidad. Los modelos presentados en esta segunda parte tienen el potencial de producir grandes efectos en el aprendizaje de matemática. Asimismo, los efectos en los resultados socioemocionales, como la motivación, las actitudes y las habilidades de trabajo en equipo, también se considerarán como posibles factores mediadores para el logro académico en matemática. Los siguientes párrafos resumen brevemente los contenidos y las ideas principales de cada capítulo. La mayoría de los capítulos incluye un resumen de recomendaciones de políticas en su sección final.

En el **capítulo 1**, Lindsey E. Richland, Kreshnik N. Begolli y Emma Näslund-Hadley sintetizan diversas investigaciones educativas con el fin de proveer una definición y objetivos fundamentales para la competencia matemática en el siglo XXI. Este capítulo proporciona una base teórica para el libro al describir los principales cambios de desarrollo que se producen en el pensamiento matemático de los niños a lo largo del tiempo, y al proporcionar una definición contemporánea del dominio de la competencia matemática. Los autores destacan cómo las mentes de los niños están preparadas de manera única para desarrollar conceptos matemáticos, pero también cómo la enseñanza adaptada a su edad y al contexto puede generar un mayor impacto. El mensaje principal para los educadores es diseñar programas en los que la enseñanza y la tecnología se basen en cómo piensan los niños, en lugar de enfocarse en técnicas pedagógicas. Si bien esto suena sencillo, implica un cambio importante en la orientación, al dejar de centrarse en la enseñanza (es decir, en lo que hace el maestro o la tecnología), y en cambio hacerlo en cómo responder mejor y fomentar el pensamiento de los niños.

El capítulo también proporciona una guía sobre cómo usar estándares para alcanzar objetivos de desarrollo en matemática. Los estándares de aprendizaje proporcionan normas comunes para todos los involucrados en el proceso de diseño e implementación de tecnología educativa matemática. El capítulo considera como ejemplo las reformas educativas de Estados Unidos y el desarrollo de estándares de alta calidad para la competencia matemática en la escuela primaria, que se conocen como los Estándares Estatales Básicos Comunes para Matemática de los Estados Unidos (CCSS Initiative 2010, por sus siglas en inglés). Esta experiencia es relevante para ALC porque muchos países todavía están avanzando en esta área. A lo largo del capítulo, los autores argumentan que la efectividad de la tecnología en los programas

de educación dependerá sobre todo de cómo su uso ayude a los niños a desarrollar habilidades fundamentales y a superar los desafíos de aprendizaje.

Sobre la base del capítulo 1 acerca de la importancia de la competencia matemática para el siglo XXI, Aki Murata, Karen C. Fuson y Dor Abrahamson proporcionan en el **capítulo 2** un marco conceptual para comprender cómo los maestros pueden ayudar a los alumnos a desarrollar comprensión y fluidez en matemática. El modelo de enseñanza balanceado, que se trata en este capítulo, se compone de tres fases sobre cómo los maestros pueden ayudar a sus alumnos a avanzar desde (1) la exploración hacia (2) la comprensión hasta (3) la fluidez en cada nuevo tema de matemática. La fase 1 tiene como objetivo desarrollar la estructura de pensamiento y sentido común matemático, al alentar a los alumnos a usar su intuición para explorar nuevos conceptos. En la fase 2, el corazón del proceso, la clase se involucra en una discusión mientras los alumnos hablan sobre sus procesos de razonamiento matemático, con la ayuda de contenidos visuales. Una vez que se alcanza un cierto nivel de comprensión, los maestros introducen métodos formales y buscan desarrollar fluidez matemática en la fase 3. Este capítulo presenta una visión alternativa para la dicotomía entre la enseñanza tradicional, que enfatiza la fluidez de procedimientos y práctica, frente a las nuevas tendencias de enseñanza que promueven la exploración. Los autores resaltan las conexiones entre los distintos tipos de pensamiento de los alumnos y las representaciones visuales para ilustrar cómo el proceso de aprendizaje se mueve a través de las tres fases, y utiliza la “conversación matemática” para apoyar dichas conexiones [3].

Finalmente, los autores describen las ventajas de usar tecnología para respaldar el modelo de enseñanza balanceado, al describir cómo este puede guiar las decisiones nacionales sobre enseñanza y aprendizaje, incluidas las opciones con respecto a qué tipo de tecnologías usar, y la consideración de aquellas que ya están disponibles.

Después de esta revisión de estrategias efectivas de enseñanza, Gilbert A. Valverde, Jeffery H. Marshall y M. Alejandra Sorto, utilizando los resultados de las pruebas estandarizadas disponibles y contrastándolos los objetivos marcados por las políticas curriculares nacionales, brindan en el **capítulo 3** una evaluación detallada del contenido matemático que conocen los niños de ALC. Los autores se basan en los

datos del Estudio de Tendencias en Matemática y Ciencias (TIMSS, por sus siglas en inglés), una evaluación internacional de alumnos, y el Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo (TERCE), una evaluación regional. Además, utilizan datos originales de los Archivos de Currículo Internacional y Libros de Texto (International Curriculum and Textbook Archive) de la Universidad de Albany. Estos datos incluyen los temas descritos en el currículo de matemática (y lenguaje) de la escuela primaria de países en desarrollo, definidos como las expectativas oficiales con respecto al aprendizaje de matemática promovidas por los ministerios y los organismos nacionales de educación.

¿Qué dicen los datos y los resultados de las investigaciones en ALC sobre el estado actual del desempeño académico en matemática? Los autores muestran que los alumnos de la región tienen un rendimiento promedio sistemáticamente bajo en matemática en comparación con los de otras regiones del mundo. La evidencia de las evaluaciones regionales de alumnos también sugiere que los niveles promedio de rendimiento en matemática son muy bajos en ALC. De acuerdo con el TERCE, el rendimiento de los alumnos de tercer grado en matemática fue críticamente bajo (UNESCO-OREALC 2016), incluso en áreas de contenido específicamente cubiertas en los currículos nacionales. Los autores también encuentran evidencia de brechas persistentes en el desempeño educativo entre subpoblaciones de alumnos a favor de los alumnos de zonas urbanas de escuelas privadas.

Finalmente, los autores encuentran vacíos en los currículos nacionales de matemática en ALC. En algunos casos, falta de objetivos específicos en cuanto a contenidos clave como números enteros, números racionales y reales; problemas de proporcionalidad; patrones, relaciones y funciones; razonamiento matemático. Los autores consideran que estos vacíos son motivo de preocupación; a menos que estos temas se aborden explícitamente en un plan de estudios nacional, pocos alumnos tendrán la oportunidad de aprenderlos. Más allá de la política curricular, los autores destacan persistentes factores estructurales y de implementación que requieren ser atendidos. De hecho, aun en los países con los rendimientos educativos más altos y donde el contenido clave está cubierto en el currículo nacional, la mayoría de los alumnos puede resolver solo los problemas más rutinarios y en los niveles más bajos de demanda cognitiva.

En el **capítulo 4**, a partir de las bases de datos del TERCE y el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE), Jeffery H. Marshall y M. Alejandra Sorto exploran qué insumos y prácticas en el aula están asociados con el rendimiento académico más alto. Los autores revisan estudios empíricos que describen las oportunidades educativas disponibles para niños en países o lugares específicos. En particular, analizan tres factores: 1) características observables del maestro y de la escuela, 2) capacidad o conocimiento del maestro y 3) procesos de enseñanza. Sus resultados revelan que existe una gran diferencia entre el aspecto que debería tener una clase de matemática efectiva y el de las clases que se observan en ALC. Existen deficiencias significativas en los entornos de enseñanza y aprendizaje: los maestros muestran bajos niveles de conocimiento del contenido pedagógico y los alumnos pasan mucho tiempo memorizando y aplicando algoritmos en lugar de participar en tareas cognitivas de alto nivel. Además, se documentan grandes brechas en cuanto a los insumos y las prácticas utilizadas en el aula entre las escuelas a las que asisten alumnos de bajos ingresos y aquellas a las que concurren alumnos de altos ingresos. Por otra parte, pocas aulas utilizan objetos didácticos, lo que indica falta de materiales. En resumen, las aulas de la región imparten clases de baja demanda cognitiva, que no desafían a los alumnos a aprender conceptos de manera profunda para lograr una buena competencia matemática.

¿Qué explica la falta general de calidad en las aulas de matemática de las escuelas primarias de toda la región? Los autores identifican y analizan diversos factores, entre ellos: limitados materiales de enseñanza, poco apoyo para los alumnos fuera del aula y conocimiento inadecuado de matemática entre los maestros. En este contexto, el aprendizaje asistido por computadoras podría ayudar tanto a alumnos como a maestros.

Sin embargo, los autores advierten sobre los peligros de una confianza simplista en soluciones tecnológicas que no mejorarán automáticamente el aprendizaje. Las aulas de matemática de ALC necesitan exponer a los alumnos a tareas de aprendizaje que promuevan el razonamiento y el pensamiento, y la tecnología puede servir como un catalizador para alcanzar esta meta, pero no debe ser una meta en sí misma.

EJEMPLOS DEL USO DE LA TECNOLOGÍA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE

A partir de los desafíos identificados en la primera parte del libro, la segunda parte proporciona modelos concretos de cómo se puede usar la tecnología para mejorar el aprendizaje de matemática en ALC. El objetivo es identificar programas que sean efectivos, o al menos prometedores, dadas sus características de diseño, para mejorar el aprendizaje de matemática en la escuela primaria. Con esta finalidad, el capítulo 5 analiza los modelos alternativos de uso de tecnología hasta segundo grado. Por su parte, los capítulos 6, 7 y 8 examinan los usos potenciales de la tecnología para el aprendizaje de matemática entre los grados tercero y sexto.

En el **capítulo 5**, Julie Sarama y Douglas H. Clements proporcionan una visión general de los modelos para aprender matemática utilizando tecnología entre los años de educación preprimaria y el segundo grado de primaria, incluida la enseñanza asistida por tecnología que alienta a los alumnos a practicar para ganar fluidez; tutoriales y juegos de aprendizaje; herramientas de gestión con tecnología mejorada para seguir el progreso de los niños e individualizar la enseñanza; tecnología didáctica que fomenta el juego cognitivo.

Su fundamento teórico se sirve de trayectorias de aprendizaje que ofrecen un marco conceptual para el aprendizaje y la enseñanza basados en la construcción. Cada trayectoria de aprendizaje tiene tres partes: 1) una meta, 2) una progresión del desarrollo y 3) actividades de enseñanza. En este marco, para alcanzar la competencia matemática en un tema o dominio matemático dado (la meta), los alumnos dominan cada nivel sucesivo (la progresión del desarrollo), ayudados por tareas (actividades de enseñanza) que facilitan el pensamiento en ese nivel. Los autores describen cómo la tecnología puede hacer contribuciones sustanciales a la educación matemática de la primera infancia si sus aplicaciones son consistentes con las progresiones de aprendizaje esperadas.

Los autores también discuten los requisitos de la capacitación docente y los recursos necesarios para que estos modelos tengan éxito en ALC. Por ejemplo, aunque los beneficios de la programación son prometedores, especialmente en una era tecnológica cada vez más compleja, existen requisitos importantes para el uso efectivo de la programación. Si el hardware es escaso y si el perfeccionamiento y apoyo profesional de los maestros no ha sido suficiente, este puede ser un modelo

improductivo y frustrante de implementar. En contextos de recursos limitados, los autores recomiendan aplicaciones simples, como tutoriales de enseñanza asistida por tecnología y aplicaciones de práctica explícitamente alineadas con los estándares (objetivos) existentes y los currículos. Pero incluso para estas aplicaciones más simples, los maestros deben recibir capacitación y apoyo en clase, y el software elegido debe cumplir ciertos requisitos, como ayudar a los niños a través de las trayectorias de aprendizaje, presentar actividades exploratorias introductorias e incluir objetos didácticos tecnológicos.

En el **capítulo 6**, Roberto Araya y Julián Cristia analizan los programas guiados que buscan promover la práctica matemática de los alumnos. Estos tipos de programas instan a los alumnos a realizar ejercicios en computadoras y promueven su participación a través de juegos y torneos para motivarlos a practicar. Este tipo de modelos se puede implementar como complemento de la enseñanza regular de matemática, y no requiere una estrecha coordinación entre las actividades de enseñanza basadas en la tecnología y las tradicionales. A partir de la experiencia de un proyecto piloto llevado a cabo en Santiago de Chile, el capítulo analiza 10 decisiones de diseño clave que maximizan los impactos. Estas decisiones de diseño se centran en definir claramente el objetivo del programa (es decir, qué habilidades matemáticas se desarrollarán), cómo se espera que se usen las computadoras durante las sesiones de tecnología y qué aportes son proporcionados directamente por el programa, incluyendo cómo se debe capacitar y apoyar a los maestros y coordinadores del laboratorio. Para cada una de estas decisiones clave, se analizan diferentes opciones mediante argumentos teóricos y evidencia empírica, y también considerando las elecciones reales de una serie de programas eficaces que guían el uso de tecnologías y se centran en promover la práctica de los alumnos.

Dos conclusiones principales surgen del análisis presentado en este capítulo. Primero, muchas de las decisiones analizadas implican difíciles *trade-offs* que deben considerarse, pero que a priori quizá no se reconozcan. Para tomar decisiones sobre cómo abordar estas disyuntivas es importante analizar las opciones de manera cuidadosa tomando en cuenta no solo los beneficios potenciales de cada opción sino también los posibles desafíos a enfrentar durante la implementación. En segundo lugar, las decisiones que deben tomarse al diseñar estos modelos deben tener sentido

cuando se consideran no solo de forma aislada, sino también junto con todas las demás decisiones que se tomen o hayan tomado. Es decir, el capítulo enfatiza la necesidad crítica de garantizar la coherencia en todo el diseño.

El **capítulo 7** está dedicado a analizar un modelo integral que enfatiza la ventaja comparativa de la tecnología en la visualización y exploración de conceptos matemáticos complejos. En este capítulo, Nicholas Jackiw examina en detalle las tecnologías de aprendizaje matemáticamente abiertas (MOLT, por sus siglas en inglés) que involucran a los alumnos en la búsqueda y construcción activa del conocimiento de temas matemáticos y las mejores prácticas que se pueden utilizar en todos los grados. Estas tecnologías se definen en virtud de tres características: 1) un diseño centrado en el alumno y un modelo de usuario, 2) una estructura de actividad abierta y 3) una aplicación innovadora de la tecnología a las representaciones y prácticas matemáticas. Se resaltan dos experiencias prácticas: objetos didácticos de geometría dinámica y entornos numéricos. El capítulo recomienda que los responsables de las políticas públicas se centren en el desarrollo profesional de los maestros (en matemática y pedagogía más que en tecnología), así como en implementaciones incrementales por etapas de adopción efectiva y a escala de tecnologías de aprendizaje matemáticamente abiertas.

Finalmente, en el **capítulo 8**, Ana Díaz y Miguel Nussbaum revisan el concepto de orquestación en el contexto de la enseñanza de matemática utilizando la tecnología. La orquestación es la coordinación de la pedagogía, el currículo y la tecnología en un entorno centrado en el alumno. Los autores argumentan que los niños no están aprendiendo y que en los sistemas educativos las computadoras no se están usando de manera efectiva debido a la falta de apoyo pedagógico para que los maestros integren la tecnología y las necesidades de los alumnos en sus prácticas de enseñanza. Por lo tanto, para hacer efectivo el uso de la tecnología en el aula, bajo el modelo de orquestación, los maestros reciben un conjunto detallado de pautas sobre cómo implementar nuevas estrategias de enseñanza.

Una orquestación puede ser proporcionada desde el exterior o desarrollada internamente por las escuelas, pero en ambos casos es necesario cumplir ciertas condiciones sociales y de infraestructura para ayudar a los maestros a superar los

desafíos que enfrentan. Una serie de preguntas guía y un diagnóstico del contexto específico de la escuela pueden contribuir a que las comunidades escolares desarrollen sus propias orquestaciones. Las clases pueden ser total o parcialmente orquestadas, según las herramientas, los conocimientos y las habilidades del maestro. Los autores demuestran que una orquestación puede resultar una herramienta eficaz, no solo para enseñar matemática, sino también en otras áreas del currículo.

UNA GAMA DE OPCIONES PROMETEDORAS Y ADVERTENCIAS DE POLÍTICAS

En resumen, el análisis que se propone en este libro subraya algunas de las opciones que los responsables de las políticas públicas y los educadores pueden explorar al decidir qué modelo de tecnología educativa implementar en un contexto específico. Por lo tanto, en lugar de generar una única recomendación sobre cómo incorporar las computadoras a las clases de matemática, los autores del libro consideran varios modelos de programas que se ha encontrado que tienen impacto en las prácticas de enseñanza y, con suerte, en el conocimiento y el pensamiento matemático de los alumnos. Sobre la base de las discusiones, los materiales y las referencias presentadas a lo largo de estas páginas, se considera que los programas efectivos tienen varias características clave:

1. La tecnología, incluido el acceso a computadoras e Internet, no es el objetivo principal, sino simplemente un instrumento utilizado para introducir prácticas pedagógicas efectivas que pueden desarrollar el conocimiento y el pensamiento matemático de los alumnos. La tecnología no está aquí para reemplazar a los maestros.
2. Todos los modelos requieren que los maestros puedan desarrollar su carrera y reciban capacitación profesional para tener éxito. En particular, para que un programa sea efectivo, es fundamental que los maestros sean guiados en el uso pedagógico de la tecnología, y no solo se los instruya en lo relacionado con la operación del equipo.
3. No es necesario proporcionar computadoras a cada alumno; los recursos físicos pueden ser compartidos.
4. Los programas deben adaptarse al contexto de la escuela y al sistema educativo en el que se implementan. Por ejemplo, en contextos donde la experiencia o las

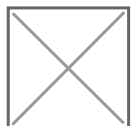
habilidades de los maestros con la tecnología son limitados, o donde las condiciones de infraestructura no son ideales, se deben implementar enfoques relativamente simples.

5. Los programas exitosos requieren que los actores interesados, incluidos los directores de escuela y los maestros, así como los padres y los alumnos, tengan una actitud positiva acerca del programa, a fin de fomentar y llevar a cabo su implementación y así superar las restricciones o críticas inevitables que a menudo surgen cuando se comienza un nuevo programa.
6. Las escuelas deben contar con un sistema de apoyo para resolver cualquier problema en la operación, reparación o reemplazo de equipos, obtener acceso a Internet y brindar apoyo pedagógico sobre los recursos disponibles y la mejor manera de usarlos en el ámbito local.
7. Las intervenciones que requieren tecnología deben estar alineadas con otras intervenciones a nivel nacional o regional, incluidos el currículo y las políticas docentes (tanto antes del servicio como en el marco del crecimiento profesional), así como intervenciones en otros sectores (en particular, infraestructura escolar y acceso a la electricidad e Internet).

Se espera que estos principios de diseño, así como las lecciones presentadas aquí, contribuyan a la toma de mejores decisiones de políticas sobre cómo utilizar la tecnología para mejorar el aprendizaje de matemática en ALC. Los países de la región han realizado grandes inversiones en tecnología educativa, y el acceso a computadoras y tabletas está bastante extendido en las escuelas públicas urbanas. Es importante diseñar e implementar modelos que puedan hacer un uso efectivo de las tecnologías disponibles, generando beneficios significativos a un bajo costo. Además, los gobiernos de la región son cada vez más receptivos ante la evidencia como un aporte para las decisiones de políticas, especialmente cuando esta puede informar cómo estructurar de manera óptima un programa, en lugar de informar acerca del lanzamiento o no de un programa en primer lugar. Sin embargo, ha habido ejemplos de gobiernos de la región que se embarcaron en un acceso masivo a programas de tecnología solo para darse cuenta más adelante de que estos programas no se habían desarrollado completamente en cuanto a sus objetivos y procedimientos (por ejemplo, programas que no tuvieron en cuenta la teoría del cambio) o que no contaban con los

recursos profesionales o monetarios suficientes para su implementación en el tiempo. Como se sugirió anteriormente, es fundamental contar con sistemas eficientes para monitorear la implementación de los programas y tener planes de evaluación cualitativa y cuantitativa integrados en el diseño de la intervención. Sin embargo, por lo general este no ha sido el caso en la región.

Las organizaciones multilaterales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) promueven el uso de evidencia en el diálogo operativo y de políticas, por lo que existen canales claros para difundir el conocimiento generado. El BID espera seguir siendo un actor relevante en esta área y continuar apoyando a una red de especialistas en el desarrollo, la implementación, la evaluación, el refinamiento y la ampliación de las intervenciones que utilizan tecnología para mejorar el aprendizaje de matemática (y eventualmente otras áreas). Por lo tanto, este libro puede considerarse un paso adicional en una iniciativa integral y continua que involucra a múltiples actores y puntos de vista de diferentes disciplinas, como la psicología, la educación y la economía, y que aprovecha las experiencias de distintas regiones alrededor del mundo que pueden proporcionar perspectivas múltiples y complementarias. El objetivo final es que estos esfuerzos contribuyan a hacer realidad la promesa de la tecnología en la educación para todos los alumnos de ALC.



Prólogo

Agradecimientos

Colaboradores

Introducción: mejorar la educación en matemática a través de la tecnología

Capítulo 1: El desarrollo del pensamiento matemático en los niños

Capítulo 2: Un marco de referencia de la trayectoria de aprendizaje para equilibrar la educación matemática: enseñanza y aprendizaje para la comprensión y la fluidez

Capítulo 3: El aprendizaje de matemática en América Latina y el Caribe

Capítulo 4: ¿Cuáles son los principales desafíos para aprender matemática en América Latina y el Caribe?

Capítulo 5: Promoviendo un buen comienzo: la tecnología en la matemática de la primera infancia

Capítulo 6: Guiando la tecnología para promover la práctica efectiva

Capítulo 7: Tecnologías de aprendizaje de matemática abiertas: herramientas centradas en el alumno

Capítulo 8: Orquestando la enseñanza: coordinar el uso de tecnología con actividades tradicionales de matemática

REFERENCIAS

- Arias Ortiz, E. y J. Cristia. 2014. The IDB and Technology in Education: How to Promote Effective Programs? Nota técnica del BID No. 670. Washington, D.C.: BID.
- Arias Ortiz, E.; J. Eusebio, M. Pérez Alfaro, M. Vásquez and P. Zoido. 2019. Del papel a la nube: cómo guiar la transformación digital de los sistemas de información y gestión educativa (SIGED). IDB-TN-1660. Washington D.C.: BID.

- Banerjee, A. V., S. Cole, E. Duflo y L. Linden. 2007. Remedying Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India. *Quarterly Journal of Economics* 122 (3): 1235–264.
- Bos, S., A. Elías, E. Vegas y P. Zoido. 2016a. ¿Cómo le fue a la región? Nota del BID 1. Washington, D.C.: BID.
- ———. 2016b. ¿Cuántos tienen bajo desempeño? Nota del BID 3. Washington, D.C.: BID.
- CCSS (Common Core State Standards Initiative). 2010. Common Core State Standards for Mathematics. Washington, D.C.: National Governors Association Center for Best Practices and the Council of Chief State School Officers. Disponible en <http://corestandards.org/>.
- Cristia, J., P. Ibararán, S. Cueto, A. Santiago y E. Severín. 2017. Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop per Child Program. *American Economic Journal: Applied Economics* 9 (3): 295–320.
- Ganimian, A. J. y R. J. Murnane. 2016. Improving Education in Developing Countries: Lessons from Rigorous Impact Evaluations. *Review of Educational Research* 86 (3): 719–55.
- Hanushek, E. A. y L. Woessmann. 2009. Schooling, Cognitive Skills, and the Latin American Growth Puzzle. Documento de Trabajo del NBER No. 15066. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- ———. 2012. Do Better Schools Lead to More Growth? Cognitive Skills, Economic Outcomes, and Causation. *Journal of Economic Growth* 17 (4): 267–321.
- Lubin, I. (ed.). 2018. ICT Supported Innovations in Small Countries and Developing Regions: Perspectives and Recommendations for International

Education. Cham, Suiza: Springer.

- Sunkel, G., D. Trucco y A. Espejo. 2013. La integración de las tecnologías digitales en las escuelas de América Latina y el Caribe: Una mirada multidimensional. Santiago de Chile: CEPAL.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) y OREALC (Oficina Regional de Educación para América Latina y el Caribe). 2016. Informe de resultados Tercer Estudio Regional Comparativo y Explicativo TERCE: Logros de Aprendizaje. Santiago de Chile: UNESCO y OREALC.

NOTAS:

[1] Hay muchos otros usos de la tecnología en la educación, incluida la mejora del sistema de gestión escolar y educativo. Por ejemplo, la tecnología se puede utilizar para mantener registros actualizados de los alumnos (incluidos la información personal, el registro de calificaciones y la asistencia diaria), la información sobre los maestros, el estado del equipo y las comunicaciones entre escuelas, padres y otras instituciones educativas, entre ellas, el ministerio de Educación. Sin embargo, el análisis de estos y otros usos potenciales excede el alcance de este libro. Para más información sobre la transformación digital de la gestión educativa ver Arias Ortiz et al. (2019).

[2] Enlaces, el Centro de Educación y Tecnología del Ministerio de Educación, fue lanzado en 1992 para promover la calidad educativa en Chile mediante: i) la mejora del acceso a la tecnología en las escuelas públicas, ii) la capacitación de los maestros en el uso de TIC en el aula, y iii) el ayudar a los alumnos a desarrollar habilidades del siglo XXI. El Plan Ceibal fue creado en 2007 para apoyar las políticas educativas uruguayas a través de la tecnología, con el objetivo de fomentar la inclusión y la igualdad de oportunidades. Desde su implementación, cada niño que ingresa al sistema de educación pública en todo el país ha podido acceder a una computadora para uso personal con una conexión gratuita a Internet desde la escuela. Además, el Plan Ceibal ofrece una serie de otros servicios, que incluyen recursos educativos y capacitación docente. Las iniciativas recientes del Plan Ceibal buscan apoyar el

aprendizaje de los alumnos de manera más directa y utilizar las evaluaciones para guiar la toma de decisiones. En particular, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) aprobó un préstamo de US\$30 millones para el Plan Ceibal en 2017, destinado a mejorar el aprendizaje de los alumnos en educación básica mediante la promoción de un mejor uso de la tecnología en el aula, la creación de contenido educativo digital y la capacitación de maestros.

[3] Según el Consejo Nacional de Docentes de Matemáticas, la “conversación matemática” es una charla pedagógica dirigida por el maestro, pero con la mayor participación posible de los alumnos. La idea subyacente es que explicar el razonamiento matemático aumenta la comprensión matemática en los alumnos.

CRÉDITOS:

Publicación de la introducción del documento “[Aprender matemática en el siglo XXI: A sumar con tecnología](#)”, elaborado por Arias Ortiz, Elena; Cristia, Julian P. & Cueto, Santiago y publicado por el [BID](#). Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial- SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Publicación de este documento en EDUTEKA: Septiembre 17 de 2020

Última actualización de este documento: Septiembre 17 de 2020