



FACULTAD DE
CIENCIAS ECONÓMICAS
Y DE ADMINISTRACIÓN

POSGRADOS



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y DE ADMINISTRACIÓN**

**TRABAJO FINAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ECONOMÍA**

**EFICIENCIA EDUCATIVA Y USO DE TICS EN ESCUELAS PÚBLICAS EN
URUGUAY**

por

Marielena Pérez Tejera

TUTORAS: Paola Azar y Gabriela Sicilia

**Montevideo
URUGUAY
2025**

Página de Aprobación

El tribunal docente integrado por los abajo firmantes aprueba el Trabajo Final:

Título

.....
.....

Autor/es

.....

Tutor/Coordinador

.....

Posgrado

.....

Puntaje

.....

Tribunal

Profesor.....(nombre y
firma).

Profesor.....(nombre y
firma).

Profesor.....(nombre y
firma).

FECHA.....

RESUMEN

Esta investigación estudia la relación entre el uso de tecnologías digitales y la eficiencia educativa en tercer año de primaria en escuelas públicas de Uruguay, con especial énfasis en la plataforma de matemática MATIFIC, implementada en el marco del Plan CEIBAL. Para ello, se construyó una base inédita a nivel de escuelas, a partir de la integración de distintas fuentes de información (CEIBAL, INEED y ANEP). La metodología se apoya en modelos no paramétricos de frontera, que incorporan el contexto digital a través de un modelo condicional para estudiar su efecto sobre la eficiencia. Los resultados muestran que, en promedio, el uso de plataformas digitales presenta una incidencia limitada sobre la eficiencia escolar. No obstante, en un tercio de las escuelas -particularmente en aquellas que enfrentan mayores condiciones de vulnerabilidad- la consideración del contexto digital permite evaluar su eficiencia de manera más ajustada. El análisis también evidencia que la correlación positiva entre el uso de MATIFIC y los resultados en matemáticas está condicionado por la disponibilidad de recursos educativos y por el nivel socioeconómico del alumnado. En conjunto, el trabajo aporta evidencia novedosa sobre la integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación en los procesos de enseñanza, subrayando la importancia de considerar las condiciones estructurales y pedagógicas de cada escuela para evaluar su desempeño.

Palabras Claves: Educación primaria, Eficiencia escolar, TICs, Plan CEIBAL, MATIFIC.

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	ANTECEDENTES.....	8
3.	MARCO INSTITUCIONAL.....	12
4.	MARCO ANALÍTICO.....	15
4.1	La función de producción educativa	15
4.2	Medición de la eficiencia escolar	16
4.3	Medición del efecto del uso de MATIFIC en la eficiencia escolar	19
5.	DATOS Y VARIABLES.....	23
5.1	Bases de datos	23
5.2	Variables del análisis	27
5.2.1.	Uso de MATIFIC.....	30
5.2.2.	Competencias digitales de las maestras	34
5.2.3.	Análisis de Correlaciones.....	36
6.	RESULTADOS.....	38
6.1	Eficiencia escolar y uso de MATIFIC	38
6.2	Caracterización de la eficiencia escolar	43
7.	CONCLUSIONES	49

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

Gráfico 4.1 Frontera de posibilidades de producción FDH	18
Tabla 5.1 Distribución de escuelas según quintil de contexto socioeconómico en 2020	27
Tabla 5.2 Estadísticas descriptivas del resultado promedio de la prueba de matemática	28
Gráfico 5.1 Distribución de centros según índice de infraestructura	29
Tabla 5.3 Ratio de maestras por tipo de centro educativo.....	30
Tabla 5.4 Proporción de estudiantes activos en MATIFIC por centro educativo.....	32
Tabla 5.5 Promedio de episodios finalizados en MATIFIC (intensidad de uso).....	33
Gráfico 5.2 Relación entre frecuencia e intensidad de uso de MATIFIC	34
Tabla 5.6 Indicador de las competencias digitales del cuerpo docente en 2020	35
Tabla 5.7 Correlación lineal entre inputs, outputs y variables de contexto.....	37
Tabla 6.1 Resultados de las estimaciones del modelo condicional e incondicional.....	39
Tabla 6.2 Estadísticos descriptivos del ratio entre modelos	40
Gráfico 6.1 Relación entre r_k y la frecuencia de MATIFIC.....	41
Gráfico 6.2 Relación entre r_k y la intensidad de uso de MATIFIC.....	42
Gráfico 6.3 Relación entre r_k y las competencias digitales de las maestras	43
Gráfico 6.4 Eficiencia condicional (FDHC) por quintil socioeconómico.....	44
Tabla 6.3 Eficiencia condicional (FDHC) por tipo de centro educativo	45
Gráfico 6.5 Eficiencia escolar (FDHC) y resultados en matemática por categoría de escuela.....	46
Gráfico 6.6 Eficiencia escolar (FDHC) y competencias digitales de las maestras por categoría de escuela	47

1. INTRODUCCIÓN

La educación primaria constituye una etapa crucial en la vida de los individuos. En este período formativo, no solo se adquieren las habilidades básicas necesarias para desenvolverse en la vida cotidiana, sino que también se interiorizan valores fundamentales para la convivencia. Por ello, se trata de un tiempo de aprendizaje reconocido como un derecho humano fundamental y uno de los más críticos en la formación del capital humano que impulsa el desarrollo económico y social de los países (OREALC/UNESCO, 2007).

En Uruguay, la educación primaria comprende a, aproximadamente, 300 mil niños. En términos presupuestales, desde hace una década, representa 25% de los recursos totales destinados a educación pública, en torno a 4,9% del Producto Bruto Interno (PBI) en 2023. Esta última inversión se encuentra en el promedio de América Latina, pero aún está lejos del 6% del PBI propuesto por organismos internacionales como UNESCO y registrado en países desarrollados (INEEd, 2022; INEEEd, 2023; Presidencia de la República Oriental del Uruguay, 2023).

En este escenario, una de las innovaciones más importantes que se procesaron en el sistema educativo desde 2007 ha sido el “Plan CEIBAL”, emblema de la introducción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en los procesos de enseñanza. Concebido con el objetivo de reducir la brecha digital y asegurar el acceso equitativo a las tecnologías de la información, el plan se ha extendido con particular dinamismo en educación primaria. El programa ha entregado dispositivos a todos los estudiantes y docentes, garantizado conectividad en los centros educativos y promovido el uso de plataformas digitales de aprendizaje específicamente diseñadas para los contenidos que se enseñan en cada grado en Uruguay.

La implementación del Plan CEIBAL implicó una inversión inicial significativa para la adquisición de equipamiento entre 2007 y 2009, estimada en aproximadamente 100 millones de dólares (en torno a 0,2 % del PIB anual). Desde entonces, el Estado destina anualmente alrededor de 0,1 % del PIB a su mantenimiento y sostenibilidad (Caballero de Luis, 2021).

En términos de cobertura y acceso, los datos de CEIBAL en Cifras indican que, en 2020, 100 % de los centros educativos públicos contaban con conexión a Internet mediante red Wi-Fi. En cuanto al uso de recursos digitales en 2020, más de la mitad de los estudiantes de educación primaria utilizaron las plataformas para aprender matemática o desarrollar habilidades de lectura, en tanto más de 90% de ellos ingresó a CREA, una plataforma que centraliza contenidos, actividades y permite la interacción entre docentes y estudiantes en línea. Por su parte, según el informe ICILS para Uruguay, 73 % de los docentes reporta utilizar habitualmente plataformas como CREA en sus clases, y 68 % emplea portafolios digitales, lo que representa un nivel de uso más alto que el observado en países como Finlandia y Dinamarca (CEIBAL, 2021; CEIBAL, 2021a; INEE & CEIBAL, 2022).

La difusión del Plan CEIBAL se reveló como un recurso clave en 2020 y 2021, debido a la irrupción de la pandemia del COVID-19, en que los centros educativos permanecieron cerrados o interrumpieron las clases presenciales. La dotación ya instalada de equipamiento e infraestructura para el acceso a internet permitieron que Uruguay implementara la educación a distancia con relativa facilidad, aspecto que constituyó un diferencial con respecto a otros países de la región (Carbajal et al., 2022).

En línea con la relevancia y difusión de esta herramienta educativa en el país, varios análisis se han ocupado de estudiar su incidencia en el rendimiento escolar, tanto en condiciones habituales (De Melo et al., 2017; Perera & Aboal, 2017) como durante la situación de excepción

derivada de la pandemia (INEEd, 2023a). En general, los resultados encontrados apuntan a impactos positivos, pero modestos sobre el desempeño estudiantil.

En este contexto, y teniendo en cuenta la restricción de recursos invertidos en educación, resulta también importante evaluar el uso de estas TICs desde el punto de vista de la eficiencia escolar. Ello implica conocer si el uso de las tecnologías digitales ha contribuido a mejorar la capacidad de los centros escolares para obtener el mayor rendimiento posible de sus estudiantes dada la dotación de recursos asignados. Desde esta perspectiva, es posible pensar que las políticas que promueven el uso de TICs constituyen una inversión a favor de la eficiencia, en la medida que alientan cambios en las prácticas docentes para concretar mejoras en los aprendizajes, manteniendo la dotación de recursos disponibles (una vez que la inversión inicial en diseñar e implementar la política ya se ha realizado). En otras palabras, se entiende que las mejoras en la eficiencia escolar se encuentran muy vinculadas a la utilización de TICs, ya que al personalizar las opciones de práctica y los tiempos de trabajo en el aula se logran aprendizajes más efectivos (es decir, resultados más altos) para un nivel dado de recursos.

Además, el análisis de la relación entre eficiencia escolar y TICs tiene importancia, al menos por 3 razones: por un lado, por la lenta ampliación del presupuesto educativo, y en particular de enseñanza primaria, antes mencionada. Este rasgo vuelve relevante asegurar que los esfuerzos y recursos invertidos generen mejoras reales en el sistema educativo. Por otro, porque preocupan los modestos resultados que alcanza una porción relevante de escolares: en 2020, cerca de 50% de los estudiantes de primaria registraron niveles bajos de desempeño en Lenguaje y Matemática (ANEP 2023; INEEEd, 2022). En este sentido, es valioso conocer en qué medida el uso de TICs se relaciona con resultados escolares más cercanos a los máximos potencialmente posibles.

En tercer lugar, por la discusión abierta sobre las ventajas del uso de plataformas digitales en contextos de aula. Mientras las conclusiones de algunas investigaciones promueven el uso de TICs, son crecientes las voces que defienden una postura más crítica. Para algunos autores, incluir la tecnología en la pedagogía puede conducir a una mayor efectividad en el aprendizaje porque alienta el desarrollo de habilidades cognitivas (Cabero, 2004; Su & Cheng, 2013; Martínez et al., 2016). Sin embargo, otros autores argumentan sobre el impacto negativo de las TICs en educación, por ser una fuente de distracción, o por las dificultades que emergen para utilizarlos con eficiencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje grupal (van Braak, 2001). Según Claro (2010), el aprendizaje en el aula que incorpora TICs sólo es exitoso si existen condiciones escolares y pedagógicas adecuadas, como acceso a recursos, docentes formados, experiencia escolar y condiciones institucionales favorables.

Este trabajo busca estudiar la relación entre TICs y eficiencia escolar en Uruguay considerando el uso de una plataforma específica de CEIBAL llamada “MATIFIC”. Esta plataforma fue creada en 2010 en Australia y adoptada por CEIBAL en 2015 con el fin de mejorar el aprendizaje en Matemática mediante un enfoque interactivo y lúdico, utilizando herramientas como juegos, puzzles y desafíos matemáticos (CEIBAL, 2021b). El estudio abarca una muestra de escuelas públicas urbanas y brinda evidencia sobre la utilización de MATIFIC por centro escolar, el nivel de eficiencia que alcanzan las escuelas y la medida en que ésta se relaciona con los diferentes niveles de uso de TICs. El análisis, además, tendrá en cuenta los distintos tipos de escuela que componen el sistema (Urbanas Comunes, Aprender, Tiempo Completo y de Práctica).

Las escuelas analizadas corresponden a la muestra de centros públicos que participaron de las pruebas estandarizadas de lengua y matemáticas ARISTAS, implementadas por el Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). A estos datos, fue posible vincularles información

administrativa de los centros educativos brindada por la Administración Nacional de Educación Pública (ANEP) y los datos sobre el uso pedagógico de MATIFIC por parte de los estudiantes (facilitados por CEIBAL).

Los datos de ARISTAS utilizados en este estudio corresponden a alumnos de 3er año en 2020. Como se aprecia, el año en análisis coincide con el inicio de la pandemia por COVID-19 y el cierre temporal de las escuelas. Esto podría tener cierto impacto en los resultados observados y debe ser considerado al momento de su interpretación. Sin embargo, dado que el cierre tuvo lugar en el primer semestre del año y que la presencialidad se retomó de manera progresiva a partir del 1 de junio, el trabajo con datos anuales podría atenuar cualquier sesgo. Asimismo, se considera interesante analizar la dinámica del uso de MATIFIC en un año en que se recurrió intensivamente a esta herramienta.

La investigación adopta un enfoque de eficiencia, que sigue la propuesta original de Farrell (1957) aplicada a los procesos productivos. En su adaptación al ámbito de la educación, la medida de eficiencia técnica aproxima la capacidad que tienen las unidades evaluadas (en nuestro caso, escuelas) para lograr su máximo potencial (máximo resultado posible en las pruebas), dados los *inputs* del proceso (recursos utilizados) y la tecnología de producción (en este caso, su forma de organización). La eficiencia se estima siguiendo un método de frontera no paramétrico en que el margen de mejora de las unidades bajo análisis (su nivel de ineficiencia) se mide en relación a las mejores prácticas observadas en la muestra, que configuran la frontera de posibilidades de producción. La estimación de esta frontera y la distancia que la separa de cada unidad (escuela) se realiza utilizando el método “Free Disposable Hull (FDH)” (Deprins et al., 1984).

El cálculo de la eficiencia mediante el FDH permite considerar múltiples *inputs* y *outputs*,

y no requiere ningún supuesto sobre la forma funcional del proceso de producción. Sin embargo, su estimación no contempla variables de entorno que pueden influir en el desempeño de las unidades. Un supuesto clave de este trabajo reside en asumir que el uso de MATIFIC actúa como un factor de contexto, pudiendo afectar la capacidad de las escuelas para cumplir con su función educativa. Esto sucede porque el uso de la plataforma está influido por las condiciones reales de infraestructura de los centros (por ejemplo, la conexión a internet, electricidad) y por las prácticas docentes, que dependen de factores que van desde la disposición y formación para su aplicación hasta la facilidad real de introducir su uso en las tareas concretas del aula en los centros específicos. Y, sobre todo, se vincula a las características de los estudiantes: a su interés y predisposición, a que cuenten con condiciones socioeconómicas y familiares favorables a estimular la integración de esta herramienta al aprendizaje habitual.

Desde esta perspectiva, la relación entre uso de MATIFIC y eficiencia, se estudia a través de un modelo FDH condicional. Su aplicación implica calcular indicadores de eficiencia condicionales al nivel de uso de las TICs, generados a partir de fronteras específicas para cada centro. La incidencia de las TICs se obtiene comparando los indicadores de eficiencia condicionales con los no condicionales.

Este trabajo es innovador respecto a la literatura disponible, porque la mayoría de los estudios empíricos previos para Uruguay se han enfocado en la relación entre el rendimiento académico y el uso de TICs. Son pocos los análisis que discuten la relación con la eficiencia escolar. De hecho, Agasisti et al. (2023) es la única referencia relevante al respecto para América Latina. En Uruguay, la mayoría de los estudios sobre eficiencia educativa se han enfocado en educación secundaria (Sicilia, 2014; Santín & Sicilia, 2015; Azar et al., 2018; Cestau, 2018), encontrándose una única referencia para educación primaria (Azar & Sicilia, 2023). Sin embargo, ninguno de ellos aborda la incidencia del uso de las TICs. También la metodología es

original, puesto que no se cuenta con trabajos que apliquen modelos de eficiencia condicional al ámbito educativo uruguayo.

Asimismo, debe destacarse que la investigación representa un antecedente único en términos de información, ya que logró combinar datos de CEIBAL con los provenientes de ANEP y de pruebas de rendimiento de INEE. Esta disponibilidad permite ampliar la caracterización del uso de la plataforma de matemáticas de CEIBAL durante el año de la pandemia. A diferencia de otros análisis centrados en registros de ingreso a la plataforma, el análisis aquí propuesto se basa en indicadores de uso con fines académicos, lo que permite una aproximación más precisa al aprovechamiento pedagógico de la herramienta.

Los estudios de medición de la eficiencia pueden ser una valiosa herramienta para identificar oportunidades de mejora y potenciar la utilización de los recursos del sistema educativo. En particular, se espera que este estudio aporte nueva evidencia para mejorar el debate sobre el modo en que se lleva adelante el proceso de enseñanza-aprendizaje en las escuelas públicas y su vínculo con el uso de las TICs, procurando mejorar la gestión de recursos y aportar al diseño de política.

El trabajo se organiza de la siguiente manera. En la sección 2 se exponen los principales antecedentes. En la sección 3 se presenta el marco institucional. La sección 4 incluye el marco analítico, que aborda el concepto de “función de producción educativa” y de “eficiencia técnica”. En la sección 5, se describen los datos y las variables consideradas en el modelo. En la sección 6 se presentan los resultados de las estimaciones. Por último, en la sección 7 se discuten las conclusiones.

2. ANTECEDENTES

El vínculo entre rendimiento académico y uso de TICs ha recibido creciente atención en la literatura internacional. Algunos estudios señalan que tanto la disponibilidad de computadoras como el acceso a internet inciden positivamente en el desempeño estudiantil (Aristazabal et al., 2009; Román & Murillo, 2014). Otros estudios se centran en el uso de las tecnologías. Por ejemplo, Banerjee et al. (2007) estudia específicamente la incidencia de un programa computacional de tutoría en matemática y señala que su utilización mejora el rendimiento escolar. Sin embargo, otros análisis, apelando a diseños experimentales, no logran encontrar una relación significativa entre el acceso o uso de computadoras y logros académicos (Angrist & Lavy, 2002, Goolsbee & Guryan, 2006). Incluso, algunos autores encuentran una asociación negativa entre uso de TICs y desempeño en razonamiento matemático (Sprietsma, 2012, Ayieko et al. 2017).

Pese a que los resultados no son concluyentes, existe consenso en que la sola disponibilidad de herramientas tecnológicas no garantiza mejoras en el rendimiento educativo. Luckin et al. (2012) remarcan que la tecnología impacta en el proceso de aprendizaje siempre que transforme el proceso de enseñanza, para lo cual no debe ser una mera herramienta para reunir información, sino para estimular el aprendizaje autodirigido y construir conocimiento.

La discusión sobre eficiencia educativa y uso de TICs ha sido relativamente menos abordada. Aristovnik (2013) realiza un análisis para países desarrollados utilizando la metodología DEA (*Data Envelopment Analysis*), donde encuentra una asociación positiva entre eficiencia en términos de rendimiento estudiantil y tasas de egreso y uso de recursos tecnológicos. En el mismo sentido concluyen Mergoni et al. (2022), que llevan adelante un estudio similar para países desarrollados, con datos de las Pruebas PISA 2018. En ambos análisis se subraya que lo relevante para la contribución de las TICs a la eficiencia es cómo se integran estos recursos a

las prácticas docentes.

Por otro lado, De Witte & Rogge (2014), combinan técnicas de *matching* y DEA para analizar si el uso de TICs impacta sobre el rendimiento en matemáticas en secundaria en Bélgica. Advierten que, una vez controladas las características del alumnado, profesorado y entorno escolar, el impacto positivo del uso de TICs sobre la eficiencia y efectividad en matemáticas se atenúa, lo que sugiere que el beneficio atribuido a estas tecnologías puede estar sobredimensionado si no se considera adecuadamente el contexto.

Para América Latina, la principal referencia es el trabajo de Agasisti et al. (2023). El estudio analiza si la disponibilidad y uso de TICs en los centros de educación secundaria de 10 países de América Latina se asocia con mayor eficiencia educativa, en el contexto pre-pandemia. En base a datos de PISA 2018, aplican un DEA y encuentran una relación positiva y significativa entre la eficiencia y la disponibilidad y uso de TICs. Asimismo, en línea con los otros estudios, destacan que el vínculo entre eficiencia educativa y las condiciones para el uso de TICs es más fuerte que entre eficiencia y disponibilidad de la tecnología.

Para el caso concreto de Uruguay, la evidencia de la relación entre eficiencia educativa y uso de TICs es aún más limitada. Más allá del trabajo de Agasisti et al. (2023) que incluye a Uruguay en su muestra, no existen estudios específicos que la aborden. En efecto, la evidencia sobre eficiencia educativa es escasa y se centra en educación secundaria casi en su totalidad (Sicilia, 2014; Santín & Sicilia, 2015; Azar et al., 2018; Cestau, 2018). El único antecedente sobre eficiencia escolar en primaria es Azar & Sicilia (2023), quienes realizan un análisis de metafronteras multinivel con información proveniente de ARISTAS 2017 para medir la eficiencia estudiantil y escolar. Si bien considerados en su conjunto, los estudios dan cuenta de diferentes aspectos de la evolución y dinámica de la eficiencia educativa, ninguno considera el rol

de las TICs en el análisis.

Por el contrario, al igual que en el contexto internacional, varios trabajos han explorado la relación entre el acceso y uso de las plataformas del Plan CEIBAL y los resultados educativos en Uruguay. De Melo et al. (2017) apelan a un diseño cuasi-experimental y encuentran que la entrega de laptops no tuvo impacto en la puntuación alcanzada en las pruebas de rendimiento de matemática o lengua. En cambio, considerando el uso concreto de las TICs, Perera & Aboal (2017) hallan un efecto positivo de la Plataforma Adaptativa de Matemática (PAM) en los aprendizajes de matemática de los escolares. Por su parte, Formichella & Alderte (2018) aplican datos de PISA 2012 y concluyen que existe un efecto directo y positivo entre el acceso y uso de las TICs y el rendimiento en educación secundaria.

En diversos informes, el INEEd ha recopilado evidencia sobre el uso de las plataformas de CEIBAL, ofreciendo un panorama sistemático sobre la adopción, apropiación y prácticas docentes vinculadas al uso de plataformas digitales en las escuelas públicas uruguayas. En INEEd (2022a) se establece que durante la pandemia se registró un incremento del uso tanto de docentes como estudiantes, especialmente en el período de cierre de los centros educativos. Asimismo, se puntualiza que el grado que cursa el estudiante y el contexto socioeconómico y cultural del centro educativo son claves para explicar el mayor uso.

Respecto a la plataforma MATIFIC, según INEEd & CEIBAL (2022a), los docentes valoran la plataforma como una herramienta complementaria al trabajo en clase, destacando su potencial para apoyar el aprendizaje personalizado y generar mayor motivación entre los estudiantes. No obstante, también se identifican desafíos asociados al uso fragmentado o meramente instrumental de la herramienta, sin una integración plena a la planificación curricular. Por su parte, CEIBAL (2021b) establece que, en 2020, cerca de 50% de los estudiantes de primer ciclo de primaria completaron al menos un episodio en MATIFIC, con un incremento de 146% en el uso

respecto al año anterior, lo que sugiere una adopción significativa, posiblemente influida por el contexto de enseñanza remota debido a la pandemia.

Por último, según un estudio de INEE para escuelas de tiempo completo en 2021 se concluye que, el uso de MATIFIC, aunque no es intensivo, se asocia a prácticas pedagógicas más estructuradas y a resultados mejores, especialmente en entornos donde hay continuidad institucional, coordinación docente y recursos disponibles (INEE, 2023a).

En este contexto, el principal aporte de la presente investigación a la literatura existente consiste en analizar la relación entre el uso de las TICs con fines pedagógicos y la eficiencia educativa de los centros de educación primaria pública en Uruguay en el año 2020. Este enfoque resulta especialmente relevante dado que, en Uruguay, el acceso a recursos tecnológicos se encuentra garantizado por CEIBAL, lo que permite centrar el análisis en el uso efectivo de dichos recursos más que en su mera disponibilidad. Como hemos detallado, los estudios previos disponibles han evaluado el impacto de esta política pública, pero ninguno ha abordado cómo varía la eficiencia educativa según el nivel de aprovechamiento pedagógico de estas herramientas.

Los resultados obtenidos permitirán identificar si el nivel de uso de las TICs en las escuelas -que no depende exclusivamente de los centros educativos- puede influir en su capacidad para obtener el máximo rendimiento de sus estudiantes (eficiencia). Asimismo, permite explorar si los centros educativos más eficientes son aquellos que logran integrar de forma efectiva las TICs al proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, se emplea una variable innovadora de uso de TICs, que capta tanto la frecuencia como la intensidad de utilización con fines académicos. Como se ha mencionado, este aspecto ha sido destacado como un factor clave en la literatura, independientemente del enfoque metodológico utilizado.

3. MARCO INSTITUCIONAL

El sistema educativo uruguayo se organiza en 4 niveles principales: educación inicial, primaria, media y terciaria. La educación obligatoria se extiende desde los 3 años en nivel inicial hasta la finalización de la educación media superior, y tanto instituciones públicas como privadas ofrecen estos ciclos. La ANEP actúa como organismo rector del sistema público, y también como entidad responsable de habilitar y supervisar a las instituciones privadas. Estas últimas si bien operan con autonomía en su gestión y propuesta pedagógica, deben cumplir con los lineamientos curriculares y normativos establecidos por el Estado.

Desde el año 2023, en el marco de la “Transformación Curricular Integral” impulsada por la ANEP, se comenzó a implementar la Educación Básica Integrada (EBI), una propuesta que establece un trayecto educativo continuo de 12 años, abarcando la educación inicial (de 3 a 5 años), la educación primaria y la educación media básica. En educación primaria, la EBI se compone de tres ciclos educativos: el primer ciclo corresponde a la educación inicial (de 3 a 5 años de edad), el segundo ciclo compone los primeros tres grados de educación primaria (1° a 3°), y el tercer ciclo incluye los últimos tres grados de educación primaria (4° a 6°). En esta investigación el foco reside en el desempeño a nivel de escuela, medido en base al rendimiento de los alumnos de 3° año, que cierra el segundo ciclo de primaria (ANEP, 2022).

Asimismo, dentro de la educación pública en Uruguay coexisten diversas modalidades de centros educativos que responden a distintos enfoques pedagógicos y necesidades sociales, y que tienen distinta forma de organización y dotación de recursos: escuelas Urbanas Comunes (UC), de Tiempo Completo (TC), de Tiempo Extendido (TE), Aprender (A), de Práctica – Habilitadas de Práctica (PR-HP) y escuelas Rurales (R) (ANEP, 2020).

En el conjunto de escuelas urbanas, las Urbanas Comunes constituyen la modalidad más prevalente. Estas instituciones brindan una jornada escolar de 4 horas diarias y están orientadas a atender a toda la población estudiantil. Las escuelas de Tiempo Completo están diseñadas para atender a estudiantes en contextos de vulnerabilidad socioeconómica, ofreciendo una jornada extendida de 7 horas y media. A lo largo de este tiempo, además de actividades académicas y extracurriculares, los alumnos reciben alimentación.

Por su parte, las escuelas de Tiempo Extendido representan una modalidad intermedia entre las anteriores. Aquí, la jornada escolar es de 6 horas, de las cuales 2 se destinan a actividades complementarias al currículo, como talleres, proyectos y espacios de apoyo pedagógico. Las escuelas de Práctica son centros vinculados a los Institutos de Formación Docente, donde los estudiantes de magisterio realizan sus prácticas profesionales supervisadas.

Finalmente, las escuelas Aprender tienen como objetivo mejorar la calidad educativa en contextos con bajos desempeños académicos y altos índices de vulnerabilidad social. La jornada escolar es de 6 horas, durante las cuales se ofrece alimentación a los estudiantes, incluyendo desayuno, almuerzo y merienda. Estas instituciones reciben apoyo adicional en términos de recursos pedagógicos, formación docente y seguimiento institucional.

La utilización de TICs en educación primaria tuvo su impulso con la implementación del “Plan CEIBAL” en 2007, inspirado en el modelo internacional “*One Laptop per Child* (OLPC)”. Este enfoque busca democratizar el acceso a tecnologías educativas mediante la entrega de una laptop de bajo costo a cada estudiante y docente en escuelas públicas, promoviendo la alfabetización digital, la motivación escolar y la igualdad de oportunidades educativas. En Uruguay, dicha implementación incluyó no solo la distribución del equipo (la “Ceibalita”) sino también soporte pedagógico, conectividad nacional y formación docente (Warschauer et al.,

2022).

Según datos de CEIBAL en Cifras, se han entregado aproximadamente 3.1 millones de laptops y tablets a cada niño y su docente en educación pública entre 2007 y 2024. También se han generado contenidos educativos de calidad a través de plataformas específicas para docentes y estudiantes, como MATIFIC, que es una plataforma digital interactiva de enseñanza y aprendizaje de matemáticas dirigida a educación primaria. Esta herramienta busca promover una comprensión conceptual profunda mediante el juego y la resolución de problemas en entornos virtuales. MATIFIC llega en 2019 para sustituir a PAM, que había sido desarrollada localmente y se centraba en la ejercitación mecánica y el refuerzo de contenidos curriculares a través de prácticas repetitivas. A diferencia de su antecesora, MATIFIC pone el foco en la exploración, el razonamiento lógico y el pensamiento crítico, incorporando una narrativa lúdica que busca motivar al estudiante. Su implementación responde a la necesidad de modernizar las herramientas de apoyo a la enseñanza de la matemática, favoreciendo procesos de aprendizaje más significativos y contextualizados.

4. MARCO ANALÍTICO

4.1 La función de producción educativa

El abordaje propuesto en esta investigación parte de la existencia de una Función de Producción Educativa (FPE) propuesta por Levin (1974) y Hanushek (1979), que representa el proceso educativo como aquel en que un conjunto dado de recursos educativos x produce un conjunto dado de resultados educativos y :

$$y_i = f(x_i) \quad (1)$$

Dentro de los recursos educativos (*inputs*), se consideran los factores necesarios para que el proceso educativo exista, como las características personales de los estudiantes (por ejemplo, el contexto social y económico, las habilidades) y los recursos educativos del centro (por ejemplo, la dotación de personal o de presupuesto, la infraestructura edilicia, etc.). Los resultados educativos (*outputs*) suelen estar vinculados a medidas sobre los logros estudiantiles.

En general, la estimación de la FPE supone que los centros educativos son eficientes en el uso de los recursos educativos: esto es, que logran que sus estudiantes obtengan el máximo potencial académico a partir de los recursos que disponen. Sin embargo, en la realidad, existen diferentes factores asociados a los estudiantes, a los docentes, al centro al que concurren (por ejemplo, inadecuadas prácticas docentes, falta de motivación o incentivos del alumnado/profesorado, entre otros) que pueden dar lugar a ineficiencias en el proceso de producción educativa. El componente es captado por un término u_i de la siguiente función, que representa el nivel de eficiencia con el que opera cada escuela i :

$$y_i = f(x_i) \cdot u_i \quad (2)$$

Un nivel de eficiencia $u_i = 1$, indica que el centro i es totalmente eficiente, es decir, que

dada su dotación de recursos está maximizando los resultados. Por el contrario, un nivel de eficiencia $u_i < 1$ indica que en dicha escuela no se están aprovechando los recursos para obtener el máximo potencial, y que, los resultados de los estudiantes podrían mejorar en un porcentaje igual a $\frac{1}{u_i}$.

4.2 Medición de la eficiencia escolar

Esta investigación se basa en el concepto de eficiencia técnica definida por Farrell (1957) y adaptada al ámbito educativo. En esta perspectiva, se parte de la existencia de una frontera de posibilidades de producción (FPP), que está determinada por la función de producción educativa y representa el nivel máximo de desempeño educativo que puede lograrse dados los *inputs*. Como en la práctica se desconoce la verdadera frontera de posibilidades de producción, la metodología propuesta por Farrell permite estimarla en base a las mejores prácticas observadas en la muestra.

Existen básicamente dos grandes grupos de técnicas para estimar dicha frontera: las técnicas paramétricas o econométricas y las no paramétricas, basadas en modelos de optimización matemática. Si bien en las últimas décadas se ha incrementado la utilización de las primeras, los modelos no paramétricos han sido los más aplicados para medir la eficiencia técnica educativa, y en particular dentro de éstas, el “Data Envelopment Analysis” (DEA) propuesto por Charnes et al. (1978) o el “*Free Disposal Hull*” (FDH) propuesto por Deprins et al. (1984)¹. Ambas técnicas permiten considerar múltiples *inputs* y *outputs* en el análisis, y no requieren ningún

¹ Véase De Witte & López-Torres (2017) para una revisión detallada de la literatura sobre medición de la eficiencia educativa.

supuesto sobre la forma funcional del proceso de producción educativo

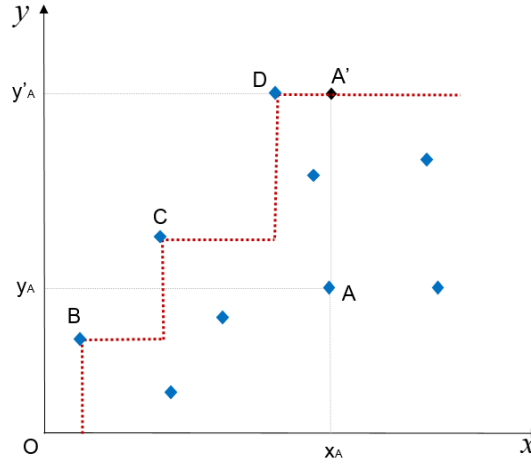
En este trabajo, aplicaremos la técnica FDH, que construye la frontera de producción a partir del desempeño de unidades productivas reales (no de la combinación lineal de unidades como sucede en el caso del DEA). Las unidades productivas son los centros educativos (escuelas) y la estimación de eficiencia se realiza a nivel de centros y no de estudiante. En este sentido, cada escuela cuenta con una dotación dada de recursos y alcanza ciertos resultados. Definiremos la eficiencia de una unidad i (escuela) como la distancia que la separa respecto a la frontera de mejores prácticas, estimada a partir de la forma en que combinan sus inputs y outputs.

En general, el análisis de eficiencia puede estar orientado tanto a los *inputs* como a los *outputs*. En el primer caso, se intenta establecer si es posible utilizar menos recursos (*inputs*) para alcanzar determinados resultados (dados). La eficiencia orientada al output indaga si es posible obtener mejores resultados, con el nivel de utilización de recursos actual. Esta investigación adopta la orientación hacia el output, dado que el interés del análisis no es indagar sobre perspectivas para ahorrar recursos, sino en qué medida se podrían alcanzar mejores resultados educativos.

En el Gráfico 4.1 se ilustran los conceptos desarrollados anteriormente, donde se considera un caso simplificado de un solo *input* (x) y un solo *output* (y), y una muestra reducida de escuelas representadas por los rombos azules. Las escuelas B, C y D se encuentran sobre la frontera de producción (representada con la línea roja punteada). Por tanto, dados los recursos que tienen disponibles (x_i), son las que logran alcanzar su máximo potencial. Sin embargo, dado que la escuela A se encuentra debajo de la frontera FDH, no está alcanzando su máximo potencial. Con sus recursos, (x_A), A sería eficiente si el resultado alcanzado fuera y'_A . El nivel de

ineficiencia con que opera A, dado el nivel de *inputs* x_A se calcula como la distancia Oy'_A relativo a su logro actual (distancia Oy_A). Este nivel de ineficiencia se explica por todos los factores que influyen en el proceso educativo que no están contemplados en la función de producción.

Gráfico 4.1 Frontera de posibilidades de producción FDH



Fuente: Elaboración propia

En términos analíticos, el nivel de eficiencia FDH orientado al *output* ($\hat{\lambda}_k$) para cada escuela, puede obtenerse tras resolver el siguiente problema de optimización lineal:

$$\hat{\lambda}_k = \left\{ \lambda_k \mid \lambda_k y_k \leq \sum_{i=1}^N \gamma_i y_i ; x_k \geq \sum_{i=1}^N \gamma_i x_i ; \sum_{i=1}^N \gamma_i = 1 ; \gamma_i \in \{0, 1\}; i = 1, \dots, n \right\} \quad (3)$$

donde λ_k es el índice de eficiencia de la k-ésima escuela, y_k es el resultado académico de los alumnos en la escuela k-ésima, x_k son sus *inputs* y γ_i contiene los ponderadores de las n escuelas en la frontera estimada (toma valor uno cuando pertenece a la frontera y cero en otro caso). La frontera de mejores prácticas está formada por aquellas escuelas donde $\hat{\lambda}_k = 1$, es decir, las que son eficientes. Un nivel $\hat{\lambda}_k > 1$ implica que la escuela es ineficiente, es decir, que no está aprovechando al máximo los recursos disponibles y que sus estudiantes podrían

obtener mejores resultados. En otras palabras, $\hat{\lambda}_k$ mide la ineficiencia de la escuela k e indica el nivel de expansión equi-proporcional sobre todos los *outputs* necesario para alcanzar la frontera, es decir, para que la escuela k alcance su máximo potencial.

Las principales limitaciones del modelo FDH radican en que carece de propiedades estadísticas, es sensible a observaciones atípicas y a errores de medición y pierde poder de discriminación a medida que aumenta en número de variables (*inputs* y *outputs*) en el modelo. Por tanto, la especificación del modelo es una decisión esencial y que debe ser abordada con rigurosidad, por ejemplo, asegurando que los *inputs* seleccionados presenten una correlación positiva y significativa con los *outputs*.

4.3 Medición del efecto del uso de MATIFIC en la eficiencia escolar

Con el fin de analizar la relación entre el uso de MATIFIC y la eficiencia de las escuelas se estima un modelo FDH condicional. Tradicionalmente, el estudio del efecto de los factores explicativos de la eficiencia escolar se ha llevado a cabo mediante la utilización de modelos estadísticos de dos etapas, donde en primer lugar se estiman los índices de eficiencia (explicados en la sección previa) y luego, éstos se regresan sobre un conjunto de variables explicativas de la eficiencia (también llamadas variables contextuales o de entorno en la literatura). Sin embargo, Simar & Wilson (2007) fueron los primeros en señalar que los modelos de dos etapas presentan sesgo cuando no se cumple la condición de separabilidad, es decir, cuando las variables explicativas incluidas en el modelo influyen en la combinación de insumos o productos (tecnología de producción).

Para solventar esta crítica, Cazals et al. (2002) introducen los modelos no paramétricos condicionales. La idea central de dichos modelos es incluir las variables de contexto directamente

en la estimación de la eficiencia, condicionando la estimación de la frontera técnica a una o más variables de entorno. De este modo, dichas variables no forman parte directa del proceso productivo, sino que influyen en la comparación entre unidades, permitiendo distinguir contextos operativos heterogéneos (Daraio & Simar 2005, 2007).

En este trabajo se asume que el uso de MATIFIC constituye un factor de contexto para las escuelas, ya que éstas no tienen un control directo sobre el mismo. El uso efectivo de la plataforma por parte de los estudiantes y su impacto potencial sobre la eficiencia escolar depende de condiciones externas al proceso productivo estrictamente definido. En particular, la incorporación de la plataforma está condicionada por factores de infraestructura (como el acceso a internet o a dispositivos tecnológicos), por las prácticas docentes (formación, disposición y capacidad de integrar la herramienta en la dinámica del aula) y, de manera crucial, por las características de los estudiantes (su interés, predisposición y entorno socioeconómico y familiar). En consecuencia, MATIFIC no se concibe como un insumo directo en la función de producción educativa, sino como un elemento que configura distintos escenarios en los que las escuelas desarrollan su actividad. Por ello, en este estudio se incorpora el uso de MATIFIC como variable condicional dentro del modelo FDH, lo cual permite capturar adecuadamente la heterogeneidad contextual y analizar cómo las diferencias en su implementación pueden incidir en la medición de la eficiencia entre escuelas.

Los modelos condicionales han sido utilizados para estudiar el efecto de las variables de contexto en diversos ámbitos educativos a nivel internacional (Cherchye et al., 2007; Haerlemans & De Witte, 2012; De Witte & Kortelainen, 2013; Cordero et al., 2018; D’Inverno et al., 2021). Sin embargo, hasta el momento no han sido aplicados en el contexto latinoamericano. Para construir la frontera condicional se restringe el conjunto de unidades de referencia (escuelas, en nuestro caso) a aquellas que operan en un contexto similar a la unidad evaluada. Para

ello, se estiman anchos de banda para cada variable de entorno utilizando métodos Kernel, en base a los cuales se estima una probabilidad de similitud para cada unidad. A la hora de estimar la frontera condicional, para cada unidad evaluada se selecciona un conjunto de unidades teniendo en cuenta dicha probabilidad utilizando muestreo simple con reposición. A partir de esta muestra, se estima el índice de eficiencia condicional. Como resultado, las fronteras de referencia se adaptan mejor al contexto de cada unidad, y las comparaciones de eficiencia se realizan sólo entre unidades que comparten contextos similares. Esto contribuye a una estimación más realista y precisa de la eficiencia relativa.

Con el fin de dimensionar el efecto de las variables de contexto sobre el nivel de eficiencia de cada unidad evaluada, se computa el ratio entre el índice de eficiencia condicional y el no condicional (modelo FDH estándar):

$$r_k = \frac{\lambda_k^C}{\lambda_k^{NC}} \quad (4)$$

Teniendo en cuenta que los índices de eficiencia toman valores iguales o mayores a la unidad (a mayor valor, mayor ineficiencia), el índice estimado con el modelo condicional será igual o menor al no condicional. Es decir, si se considera el contexto en que opera cada escuela, su situación solo puede ser mejor o mantenerse igual. Por tanto, el valor del ratio (4) será siempre igual o menor a la unidad. Un valor del ratio inferior a 1 indica que, al incorporar el contexto, la escuela presenta una eficiencia mayor a la que obtiene en la evaluación general. Por el contrario, un valor igual a uno indica que el contexto no afecta a la eficiencia.

Finalmente, para analizar la relación entre cada variable de contexto y la eficiencia escolar, se estima una regresión no paramétrica del ratio sobre cada variable de contexto (Daraio & Simar, 2007; De Witte & Kortelainen, 2013). Este enfoque permite captar posibles relaciones

no lineales sin imponer supuestos funcionales estrictos. Los resultados obtenidos permiten identificar el sentido y la intensidad de la relación entre la variable contextual y la eficiencia.

5. DATOS Y VARIABLES

5.1 Bases de datos

Una de las características distintivas de esta investigación es la integración de información proveniente de tres instituciones clave del sistema educativo uruguayo: ANEP, INEE y CEIBAL.

La información base son los datos anonimizados de la prueba ARISTAS 2020, proporcionada por el INEE, que incluyen, los resultados estandarizados en las pruebas de matemática y lectura, información detallada sobre el contexto de los estudiantes, sus hogares, los docentes y el centro educativo al que asisten. Estos datos constituyen insumos fundamentales para el modelo de eficiencia, ya que recogen tanto las características sociodemográficas como los resultados educativos de los estudiantes, que representan *inputs* y *outputs* esenciales en el análisis. Además, las variables relacionadas con los docentes y los centros educativos son informativas para el análisis secundario de los resultados, y la caracterización de la eficiencia escolar.

A partir de esta base de datos, se incorporó información presupuestal provista por ANEP correspondiente al mismo año, que fue facilitada gracias al apoyo institucional de CEIBAL y la firma de un acuerdo específico para este estudio. Este conjunto de datos incluye una serie de variables agregadas por centro educativo como son: el costo salarial total, la matrícula y la cantidad de docentes por cargo, lo que permite controlar por la dotación real diferencial de recursos entre instituciones y enriquecer la estimación de eficiencia técnica.

Por último, CEIBAL aportó datos específicos sobre el uso pedagógico de las TICs, en concreto, el registro de actividad de los estudiantes en la plataforma de matemáticas MATIFIC durante 2020. Esta plataforma, implementada en Uruguay desde 2015, permite abordar el

aprendizaje matemático de forma lúdica e interactiva y se considera una variable central para evaluar el aprovechamiento de los recursos tecnológicos disponibles.

La integración de estas tres fuentes de datos supuso transitar un proceso técnico y, a la vez, administrativo. A través de solicitudes formales y la colaboración activa entre las instituciones fue posible enlazar la información de forma anonimizada, preservando la confidencialidad de los estudiantes y asegurando la calidad del emparejamiento entre registros. Como resultado, se construyó una base de datos única en Uruguay, completa y estructurada, con información desagregada a nivel de centro educativo, que permite analizar el desempeño escolar y del uso de las tecnologías en el aprendizaje.

Como se señaló, la muestra utilizada en esta investigación se basa en los centros de educación primaria cuyos estudiantes participaron en la evaluación de ARISTAS 2020. El cuestionario fue aplicado entre octubre y noviembre de ese año a estudiantes de tercer y sexto año. Para este estudio, se decidió considerar exclusivamente a los estudiantes de tercer año, porque fueron los que tuvieron acceso exclusivo a la plataforma MATIFIC. En 2020, los estudiantes de sexto año podían acceder tanto a MATIFIC como a PAM, siendo esta última discontinuada en 2021.

En este estudio se excluyen los centros privados, escuelas rurales y centros de tiempo extendido. En el caso de los centros privados, el acceso a las plataformas CEIBAL no es obligatorio, por lo que el acceso no está garantizado. Para los otros centros, la muestra era muy reducida: las escuelas rurales contaban con muy pocos alumnos (10 o menos alumnos en todos los casos) y los centros de tiempo extendido relevados en ARISTAS 2020 sólo fueron 3.

Tras considerar estas particularidades, se llegó a una muestra de 131 centros educativos, con un promedio de 32 alumnos por escuela. No obstante, para asegurar un mínimo de estudiantes por centro, que permita agregar los resultados de forma representativa a nivel de escuela, se

excluyeron aquellos que contaban con menos de 10 alumnos participantes (un total de 6 centros).

Por último, se llevó a cabo un análisis de datos atípicos extremos para todas las variables consideradas en el análisis. Como resultado, se identificaron 2 centros con datos atípicos relacionados al uso de MATIFIC que fueron excluidos de la muestra². Asimismo, se excluye un centro para el cual no hay información en el cuestionario de docentes, uno de los insumos clave para la construcción de una de las variables de contexto. En definitiva, la investigación incluye información de 122 centros educativos públicos en áreas urbanas que participaron en las pruebas ARISTAS 2020 con estudiantes de tercer año.

Una vez aplicados estos criterios, y antes de proceder al análisis, se cotejó en qué medida la muestra final describía la composición real de centros del sistema urbano de primaria. La distribución geográfica de los centros localiza 37% en Montevideo, lo que implica una mínima sobrerrepresentación con relación a la distribución nacional de escuelas primarias públicas, en que la capital concentra alrededor de 34% del total de estos centros a nivel país. No obstante, Canelones -el segundo departamento con mayor cantidad de centros a nivel nacional- se encuentra subrepresentado en la muestra, ya que presenta 13 % de los centros de ARISTAS, frente a 18 % del total nacional en 2020 (INE, 2021). En cuanto a la distribución por tipo de centro educativo urbano, las escuelas Urbanas Comunes representan 33% de la muestra, seguidas por las escuelas Aprender (30%), las de Tiempo Completo (20%) y las de Práctica (16%). Estas proporciones se asemejan a la composición general de escuelas urbanas públicas, donde las

² Se considera un dato atípico aquel que supera el límite $Q3 + 3IQR$ (rango intercuartílico, que representa la diferencia entre el cuartil 3 y 1 de los datos). Este criterio se basa en la robustez del rango intercuartílico frente a valores extremos, lo que permite identificar observaciones que se distancian del patrón general.

escuelas Urbanas Comunes (UC), Tiempo Completo (TC) y Aprender (A) constituyen el grupo mayoritario (MEC, 2020).

El formulario de ARISTAS también proporciona información sobre el contexto social y económico de las escuelas. Este indicador se construye a partir del Índice Socioeconómico y Cultural del hogar de cada alumno (ISEC), una variable continua que resume las características del hogar: la capacidad de gasto, el nivel educativo de los padres o tutores, la presencia de universitarios, el tipo de atención en salud, la propiedad de la vivienda y el número de libros en el hogar (INEEd, 2021). Este índice es continuo y estandarizado con media 0 y desvío estándar 1. Para utilizar este índice en el análisis de eficiencia, se decidió re-escalarlo para que no asumiera valores menores a la unidad.³ Con este ajuste, se logra que un mayor valor del ISEC señale un mejor contexto social y económico del estudiante.

En base al ISEC, el INEEd proporciona una clasificación de las escuelas según el quintil socioeconómico de los alumnos matriculados. En este marco, la mitad de las escuelas incluidas en la muestra se ubica en contextos de alta vulnerabilidad (quintiles 1 y 2), 18 % pertenece al quintil medio (quintil 3), y 31% corresponde a contextos relativamente más favorecidos (quintiles 4 y 5). Como muestra la Tabla 5.1, la distribución de la muestra subestima tanto el quintil 1 como el quintil 5 en 6 - 7 p.p., comparado con la distribución por quintiles de primaria total en 2020 (ANEP, 2021).

³ Al ISEC de cada centro se sumó el mínimo de la muestra más 1.

Tabla 5.1 Distribución de escuelas según quintil de contexto socioeconómico en 2020

Quintil ISEC	% ARISTAS	% DGEIP
Q1	23%	28%
Q2	28%	18%
Q3	18%	18%
Q4	21%	18%
Q5	10%	17%

Fuente: Elaboración propia en base a INEEd y ANEP

5.2 Variables del análisis

El INEEd proporciona los resultados de las pruebas estandarizadas ARISTAS en dos competencias: lengua y matemática. El enfoque de este estudio se limita exclusivamente a los resultados en matemática que es la dimensión cognitiva que se trabaja, principalmente, con MATIFIC. La prueba evalúa las capacidades de resolución de problemas en tres dimensiones (información, aplicación y comprensión). Los resultados de la prueba se presentan como una puntuación estandarizada, con una media de 300 y una desviación estándar de 50 puntos.

Para estimar la eficiencia, se tomó como *output* el resultado promedio en matemáticas obtenido por los estudiantes que asisten a cada escuela. El valor promedio de esta variable en la muestra es de 297 puntos, con una desviación estándar de 22 puntos. La mediana coincide con la media (297), lo que sugiere una distribución relativamente simétrica. Sin embargo, existe una variabilidad considerable entre centros: el puntaje mínimo registrado es 248 y el máximo alcanza 345, evidenciando disparidades relevantes en el desempeño promedio de los estudiantes entre instituciones.

Respecto al tipo de centro educativo, se encuentra que los centros Aprender, que funcionan en los contextos más vulnerables, enfrentan mayores desafíos para alcanzar niveles elevados de desempeño académico, mientras que las escuelas Urbanas Comunes y de Práctica muestran

desempeños superiores. Por último, se encuentra una mejora sistemática del desempeño a medida que mejora el contexto, existiendo una brecha de 48 puntos en el promedio del primer quintil de nivel socioeconómico comparado con el último. La Tabla 5.2 resume estos resultados.

Tabla 5.2 Estadísticas descriptivas del resultado promedio de la prueba de matemática

		N	Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
	Total	122	297	22	248	345	281	297	308
Tipo de centro	A	37	280	14	248	307	273	278	290
	PR-HP	20	303	15	276	334	296	303	310
	TC	24	301	20	259	337	286	302	314
	UC	41	306	23	253	345	293	303	323
Quintil ISEC de la escuela	Q1	28	278	16	248	307	268	276	290
	Q2	34	288	12	253	316	281	287	297
	Q3	22	302	17	274	337	293	302	312
	Q4	26	311	18	271	345	301	307	326
	Q5	12	326	13	304	343	318	327	336

Fuente: Elaboración propia en base a INEEd

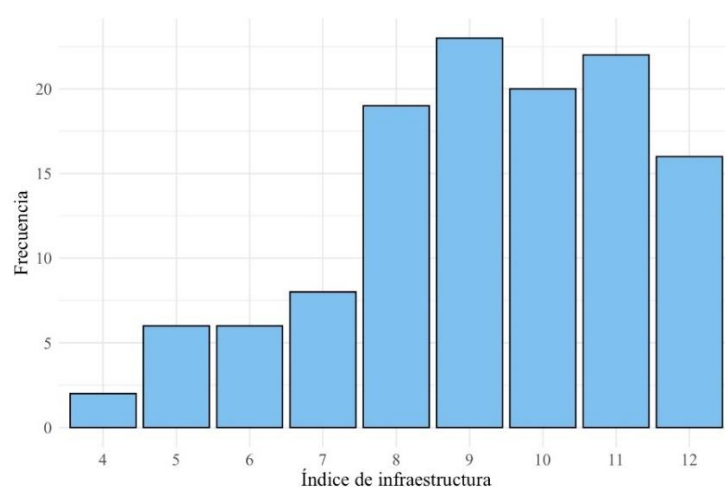
Siguiendo la literatura de eficiencia escolar (De Witte & López-Torres, 2017), se incluyen 3 *inputs* en la estimación de la eficiencia: el contexto socioeconómico de los estudiantes, la infraestructura del centro y los recursos docentes (capital físico y humano de las escuelas).

Numerosos estudios han concluido que el perfil socioeconómico de los estudiantes es uno de los principales determinantes de su rendimiento educativo (Sirin, 2005; Hanushek & Woessmann, 2011). Para su aproximación, se utiliza el ISEC, antes comentado. La infraestructura de las escuelas también tiene incidencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en el rendimiento académico (López-Torres & Prior, 2015; UNESCO, 2015). Para su medición, se construyó un indicador que combina información sobre la calidad edilicia de las escuelas y el acceso a servicios básicos, a partir de la información proporcionada a ARISTAS por las direcciones de los centros educativos. Este indicador se construyó a partir de las variables de acceso a servicios

básicos (luz eléctrica, agua potable, desagüe o alcantarillado, servicio de limpieza) y la inexistencia de problemas edilicios (vidrios rotos; instalaciones eléctricas e hidráulicas deterioradas; escaleras con condiciones de inseguridad; muros, paredes, techos y baños en mal estado). El índice toma valores entre 4 y 12, donde un mayor valor indica mejores condiciones de infraestructura. Por ejemplo, un valor máximo de 12 indica que la escuela tiene acceso a todos los servicios básicos y no tiene ningún problema edilicio.

En la muestra, este indicador presenta una distribución con cola a la derecha, indicando concentración de centros en torno a valores altos, lo que refleja una buena dotación y acceso a servicios esenciales en esos establecimientos. Tanto el promedio como la mediana se ubican en 9, y el desvío estándar es aproximadamente 2 puntos (Gráfico 5.1).

Gráfico 5.1 Distribución de centros según índice de infraestructura



Fuente: Elaboración propia en base a cuestionario de directores de INEEd

En cuanto al plantel docente de cada escuela se incluye como *input* el ratio de docentes cada 100 alumnos. Este número comprende a los responsables de cada aula y también a los docentes de apoyo, como por ejemplo los maestros comunitarios. El ratio es computado a partir de la

información provista por ANEP y permite capturar las diferencias en las dotaciones de recursos humanos entre centros, fundamentales para evaluar la eficiencia relativa de cada institución (De Witte & López-Torres, 2017).

De acuerdo a los datos, el número de maestras, cada 100 estudiantes, varía entre 3 y 8. Esto se corresponde con un tamaño de aula de 20 alumnos, en promedio (Tabla 5.3). Al desagregar por tipo de escuela, se observa que el ratio más alto refiere a Tiempo Completo (5,3) y el resto, se encuentra en el mismo nivel: 4,8 en Aprender, 4,7 en Práctica y 4,6 en Urbanas Comunes. Estas diferencias son consistentes con la orientación explícita de las escuelas de Tiempo Completo hacia una mayor carga horaria, lo que supone la asignación de más personal docente.

Tabla 5.3 Ratio de maestras por tipo de centro educativo

	Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
Total	4,8	0,8	3,0	8,0	4,0	5,0	5,0
A	4,8	0,8	4,0	8,0	4,0	5,0	5,0
PR-HP	4,7	0,7	4,0	6,0	4,0	5,0	5,0
TC	5,3	1,1	4,0	8,0	4,0	5,0	6,0
UC	4,6	0,7	3,0	6,0	4,0	5,0	5,0

Fuente: Elaboración propia en base a ANEP

5.2.1. Uso de MATIFIC

El objetivo de esta investigación es analizar la relación entre el uso de la plataforma MATIFIC y la eficiencia escolar. Para medir el nivel de uso de la plataforma MATIFIC por parte de los estudiantes relevados en ARISTAS, se construyeron dos medidas resumen a nivel de centro, que capturan la frecuencia y la intensidad en la utilización de la plataforma. La frecuencia se mide en base a la proporción de estudiantes con actividad en la plataforma (tasa de actividad). La intensidad del uso se mide a través del promedio de episodios finalizados

(considerando únicamente a los estudiantes con actividad registrada). En la plataforma MATIFIC, un episodio se concibe como una breve secuencia interactiva que reúne diversas actividades prácticas organizadas con un nivel creciente de dificultad, presentadas en un entorno lúdico y apoyadas en recursos visuales animados (INEEd, 2022a). Los episodios pueden ser asignados por el docente o iniciados de manera autónoma por el estudiante. Tanto para identificar a los estudiantes con actividad como para el cómputo del promedio de episodios, se contabiliza únicamente la cantidad de episodios que fueron comenzados y efectivamente finalizados por los estudiantes en 2020, y se calculan medidas resumen por centro educativo.

La tasa de actividad presenta una distribución concentrada hacia valores altos, con una media de 73% de estudiantes activos en el centro educativo y una mediana de 83%, indicando que, en la mayoría de los centros, más de tres cuartas partes utilizó frecuentemente la plataforma. Sin embargo, se observa una alta dispersión (desvío estándar de 28) y casos extremos donde la participación fue nula (Tabla 5.4).

Al desagregar por tipo de centro educativo, se destaca que las escuelas de Práctica y las Urbanas Comunes presentan las tasas de actividad más altas (82% y 79%, respectivamente), mientras que los centros Aprender tienen la menor tasa de actividad promedio (62%) y presentan alta variabilidad. Desde la perspectiva del contexto socioeconómico, la tasa de actividad aumenta progresivamente con el nivel del ISEC. Los centros en el quintil más bajo (Q1) tienen una participación promedio de 56%, mientras que en el quintil más alto (Q5) asciende a 90%, con menor dispersión.

Tabla 5.4 Proporción de estudiantes activos en MATIFIC por centro educativo

		Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
	Total	72,6	27,8	0,0	100,0	54,3	82,5	96,0
Tipo de centro	A	61,9	29,1	0,0	100,0	41,0	67,0	87,0
	PR-HP	82,2	18,7	41,0	100,0	66,3	91,5	98,5
	TC	70,0	34,7	0,0	100,0	41,3	83,5	97,8
	UC	79,2	22,6	16,0	100,0	64,0	88,0	97,0
Quintil ISEC de la escuela	Q1	55,8	32,2	0,0	100,0	33,0	54,0	85,3
	Q2	72,6	23,8	0,0	100,0	60,5	80,0	88,8
	Q3	74,8	24,7	20,0	100,0	57,8	78,0	95,5
	Q4	81,0	27,1	13,0	100,0	69,5	94,5	100,0
	Q5	90,2	13,0	62,0	100,0	87,0	95,5	98,5

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL e INEEd

Por otro lado, el promedio de episodios finalizados por los estudiantes con actividad muestra una distribución más dispersa y desplazada hacia valores más bajos. Su media es 39 episodios, con una mediana de 33, y desvío estándar de 24 episodios, lo que sugiere que, si bien muchos estudiantes acceden a la plataforma, la cantidad de episodios efectivamente completados varía considerablemente entre centros.

Al considerar el tipo de centro educativo, se destaca que las escuelas UC alcanzan el mayor promedio (44 episodios), seguidos por los TC (40), mientras que los centros Aprender presentan el promedio más bajo (33), en línea con una menor tasa de actividad. En cuanto al contexto socioeconómico, se mantiene una tendencia creciente: los centros del quintil más bajo (Q1) finalizan en promedio 28 episodios, frente a 60 en los del quintil más alto (Q5).

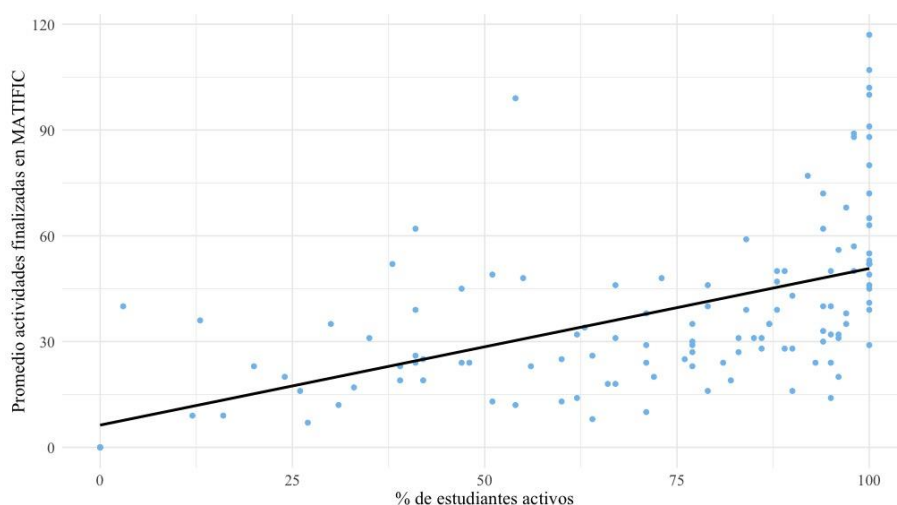
Tabla 5.5 Promedio de episodios finalizados en MATIFIC (intensidad de uso)

		Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
	Total	38,6	23,6	0,0	117,0	24,0	32,5	49,8
Tipo de centro	A	33,2	19,5	0,0	99,0	20,0	31,0	40,0
	PR-HP	36,0	16,4	12,0	72,0	25,3	32,5	46,3
	TC	40,3	32,2	0,0	117,0	22,3	33,5	42,3
	UC	43,7	23,8	8,0	100,0	25,0	43,0	57,0
Quintil ISEC de la escuela	Q1	28,4	19,7	0,0	91,0	17,5	24,0	36,3
	Q2	33,6	19,3	0,0	99,0	24,0	31,5	39,8
	Q3	40,5	25,5	13,0	107,0	23,5	32,5	50,0
	Q4	44,3	25,1	9,0	117,0	28,0	39,0	52,0
	Q5	60,1	22,0	32,0	100,0	49,0	54,5	69,3

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL e INEEd

Por último, la relación entre la frecuencia e intensidad de uso de la plataforma se presenta en el Gráfico 5.2. Allí se observa una asociación positiva entre la proporción de estudiantes activos y el promedio de episodios finalizados: en los centros con mayores tasas de participación, también tiende a registrarse un mayor número de episodios completados por estudiante. Si bien la dispersión de los puntos revela heterogeneidad en los patrones de utilización, la pendiente positiva de la recta de ajuste confirma que la actividad de un mayor porcentaje de estudiantes se vincula con un uso más intensivo de la plataforma. Esto sugiere que, en aquellos centros donde la adopción de MATIFIC es más amplia, la herramienta logra también una integración más profunda en las prácticas de aprendizaje.

Gráfico 5.2 Relación entre frecuencia e intensidad de uso de MATIFIC



Fuente: Elaboración propia en base a cuestionario de directores de INEEd

5.2.2. Competencias digitales de las maestras

Un tercer indicador que se utiliza como variable de contexto refiere a la “capacidad digital docente”, ya que tiene incidencia directa en el uso de las plataformas que realicen los estudiantes. Para dar cuenta de esta característica, se construyó un indicador a partir de la información del cuestionario docente de ARISTAS, tomando las respuestas sobre la habilidad para el manejo de diversas competencias digitales: para localizar, organizar y almacenar información digital con fines pedagógicos; para compartir recursos en línea e interactuar en comunidades virtuales; para crear y editar contenidos en distintos formatos; para resolver problemas vinculados a la práctica docente mediante herramientas digitales y para implementar medidas de seguridad informática y proteger la identidad de los estudiantes.

La base cuenta con respuestas a cada punto anterior en una escala entre 1 y 4. La construcción del indicador sintético se basó en la metodología del alfa de Cronbach. En primer lugar, se calcula el coeficiente de confiabilidad para determinar si los cinco ítems medían de manera coherente la misma dimensión de “capacidad digital docente”. Luego se combinan las

respuestas de los distintos ítems en un único puntaje, calculando el promedio de las respuestas de cada docente, y agregándolo a nivel de centro educativo. Como resultado, se obtiene un indicador sintético, que varía entre 1 y 4, donde mayores valores indican habilidades digitales más altas. La Tabla 5.6 presenta las medidas resumen total, por tipo de centro educativo y por quintil socioeconómico de la variable.

Tabla 5.6 Indicador de las competencias digitales del cuerpo docente en 2020

		Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
	Total	2,7	0,4	1,2	3,7	2,4	2,7	2,9
Tipo de centro	A	2,7	0,4	1,7	3,5	2,4	2,6	2,9
	PR-HP	2,8	0,4	2,2	3,7	2,6	2,8	3,0
	TC	2,6	0,4	1,2	3,1	2,4	2,6	2,8
	UC	2,7	0,3	2,0	3,4	2,5	2,7	3,0
Quintil de ISEC de la escuela	Q1	2,6	0,3	1,7	3,2	2,5	2,6	2,8
	Q2	2,7	0,3	2,2	3,5	2,4	2,6	2,9
	Q3	2,7	0,5	1,2	3,3	2,4	2,8	3,0
	Q4	2,8	0,3	2,0	3,7	2,6	2,8	3,0
	Q5	2,6	0,5	2,0	3,5	2,4	2,5	2,7

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL e INEEd

El promedio del indicador de capacidades digitales docentes se encuentra en 2,7 puntos, algo por encima del valor medio de la escala. El mínimo registrado es 1,2 y el máximo alcanzó 3,7, lo que indica una cierta heterogeneidad, de lo que también da cuenta el desvío estándar. Al analizar la distribución por tipo de centro educativo y por contexto socioeconómico, no se observan diferencias significativas, lo que indica que los docentes presentan perfiles de manejo tecnológico relativamente homogéneos, independientemente de si trabajan en escuelas con contextos socioeconómicos más favorables o más vulnerables. Esta uniformidad puede considerarse una ventaja, ya que sugiere que las competencias digitales del cuerpo docente no se asocian con el tipo de escuela donde dictan clases.

5.2.3. Análisis de Correlaciones

Finalmente, se lleva a cabo un análisis de correlaciones entre los *outputs*, *inputs* y las variables de contexto. El promedio en la prueba de matemática (*output*) por centro educativo muestra una correlación positiva y significativa con el contexto socioeconómico del centro (0,73) y una correlación significativa (10%) con el nivel de infraestructura del centro, aunque la misma es baja (0,16). La correlación del resultado en matemáticas con el ratio de maestras por cada 100 alumnos resulta no significativa, lo cual puede estar explicado por la mayor demanda que enfrentan los centros con mejores resultados educativos.

En cuanto a las variables de contexto, tanto la proporción de estudiantes activos como la intensidad del uso de MATIFIC se correlacionan de forma positiva y significativa con el resultado promedio en matemáticas y con el contexto socioeconómico del centro educativo, lo que indica que el uso de MATIFIC es mayor en contextos menos vulnerables donde los alumnos obtienen mejores resultados académicos.

Por último, el indicador de competencias digitales de los docentes se correlaciona de forma positiva y significativa tanto con la proporción de estudiantes activos como con el promedio de actividades finalizadas en el centro educativo, pero ello no se traduce en un mejor resultado en matemáticas. Además, las competencias digitales de los docentes no presentan correlación significativa con el nivel socioeconómico del alumnado del centro.

Tabla 5.7 Correlación lineal entre *inputs*, *outputs* y variables de contexto

	Promedio prueba matemática	ISEC	Ratio de maestras p/100 estu- diantes	Índice de infraes- tructura	Intensidad de uso PME MATIFIC	% estudian- tes activos en MATIFIC	Índice de competencias digitales de las maestras
Promedio prueba mate- mática	1	0,73***	-0,14	0,16*	0,42***	0,35***	0,07
ISEC		1	-0,2**	0,12	0,43***	0,39***	0,06
Ratio de maestras p/100 estu- diantes			1	-0,01	-0,09	0,11	-0,17*
Índice de in- fraestructura				1	0,14	0,01	-0,07
Intensidad de uso PME MATIFIC					1	0,52***	0,21**
% estudian- tes activos en MATIFIC						1	0,21**
Índice de competen- cias digitales de las maes- tras							1

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEE y ANEP

Estos hallazgos son consistentes con la evidencia previa. INEE (2021) identificó una correlación positiva, aunque modesta (0,15), entre los días de ingreso a MATIFIC y el desempeño en la prueba de matemática de los estudiantes de tercer año en 2020. De manera similar, INEE (2023a) confirma esta relación positiva y de baja magnitud, al tiempo que subraya que el efecto del contexto socioeconómico sobre los resultados académicos es considerablemente mayor que el asociado al uso de las plataformas digitales.

6. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la estimación de la eficiencia técnica de los centros educativos utilizando el enfoque FDH en dos versiones: un modelo estándar y otro condicional (FDHC). Este análisis permite evaluar en qué medida las escuelas logran aprovechar al máximo el potencial de desempeño de sus estudiantes y, al mismo tiempo, identificar los márgenes de ineficiencia (y mejora) asociados a su gestión. En este marco, resulta especialmente relevante considerar el papel que desempeña la integración de las TICs, tanto como un posible factor que influye sobre el uso más eficiente de los recursos, como también en relación con las brechas que pueden emerger en contextos socioeconómicos distintos.

El análisis permite evaluar el desempeño relativo de los centros a partir de las combinaciones de inputs y outputs descriptos en la sección anterior, con y sin control por variables de contexto (uso de MATIFIC y la competencia digital de los docentes). Se entiende que el modelo condicional incorpora las variables de contexto de TICs que pueden influir en la relación entre inputs y outputs, pero que no son controlables directamente por las escuelas.

6.1 Eficiencia escolar y uso de MATIFIC

Los resultados del modelo estándar -sin controlar por uso de MATIFIC- muestran una eficiencia técnica media de 1,054, lo que implica que, en promedio, las escuelas podrían mejorar 5,4% el resultado de sus estudiantes en matemáticas si se aprovecharan al máximo el potencial de recursos considerados en el análisis (inputs). Este resultado está en línea con la evidencia previa (Azar & Sicilia, 2023). El rango de eficiencia varía entre 1 (centros eficientes) y 1,249 y el tercer cuartil se ubica en 1,087, lo cual sugiere que al menos 25% de los centros podrían mejorar su eficiencia en 8,7% o más.

Al incluir las variables de contexto digital del centro, la eficiencia técnica mejora levemente (Tabla 6.1) al comparar a cada escuela solamente con aquellas que operan en un entorno digital similar. Este resultado sugiere que, efectivamente, una pequeña parte de las ineficiencias observadas en el modelo no condicional pueden atribuirse al contexto digital. Es decir, parte de las diferencias en eficiencia de las escuelas no son atribuibles únicamente a su capacidad de “gestión de recursos educativos”, sino a factores vinculados al uso de la plataforma digital MATIFIC.

Tabla 6.1 Resultados de las estimaciones del modelo condicional e incondicional

	Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
FDH	1,054	0,054	1	1,249	1	1,043	1,087
FDHC	1,042	0,048	1	1,240	1	1,027	1,069

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEE y ANEP

Para cuantificar en qué medida la consideración del contexto digital afecta a la eficiencia técnica de los centros educativos se computa el ratio r_k entre la puntuación de la eficiencia del modelo condicional y la del modelo incondicional (definido en la sección 4). Cuando $r_k = 1$, ambos modelos arrojan resultados idénticos, lo que sugiere que el contexto digital no introduce información adicional relevante para la comparación del desempeño entre centros. Es decir, el nivel de eficiencia del centro resulta similar independientemente de si se tienen en cuenta o no el entorno digital en el cual opera. En cambio, cuando $r_k < 1$, se evidencia que, al controlar por las características del entorno digital, el centro presenta un nivel de ineficiencia menor. Cuanto menor sea el valor del ratio r_k , mayor es la brecha entre ambos modelos y, por tanto, más relevante es la incorporación del contexto digital en la evaluación de eficiencia.

En la siguiente Tabla 6.2 se presentan las estadísticas descriptivas del ratio en la muestra de escuelas evaluadas. Estos resultados indican que, para al menos 50% de los centros educativos el contexto digital no tiene efectos sobre su nivel eficiencia escolar. Sin embargo, existe un subconjunto no menor de centros (32%) que ve mejorada su eficiencia al controlar por las condiciones del contexto. Este patrón sugiere que existen escuelas cuyo desempeño se encuentra significativamente condicionado por factores externos.

Tabla 6.2 Estadísticos descriptivos del ratio entre modelos

	Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
r_k	0,988	0,02	0,883	1	0,987	1	1

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEEd y ANEP

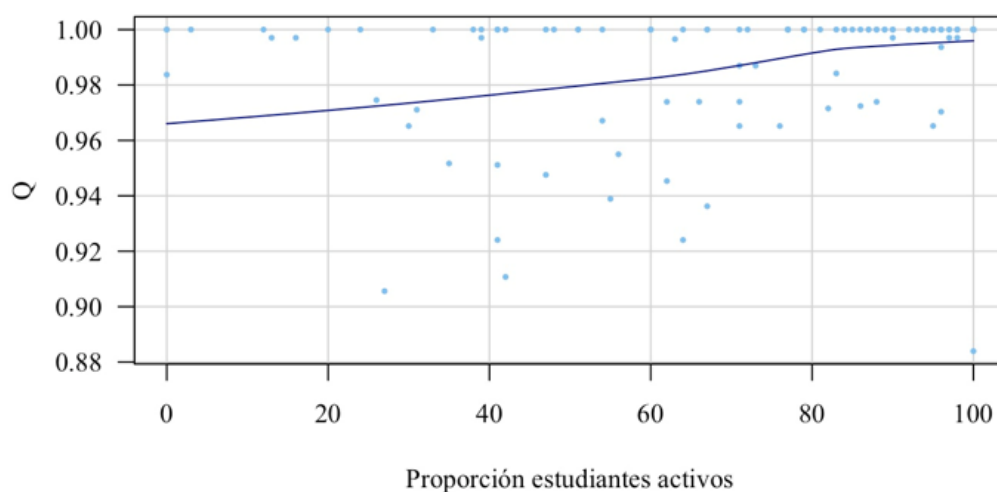
Al analizar el ratio r_k según la categoría del centro educativo, se encuentra que las escuelas Aprender presentan el ratio promedio más bajo (0,986). Esto sugiere que, en comparación con otros tipos de centro, el desempeño de estas escuelas mejora en mayor medida al considerar explícitamente las restricciones en materia digital que enfrentan. Para el resto de los centros, el nivel de uso de la plataforma digital no parece tener efecto sobre su eficiencia. Al analizar la distribución del ratio según quintil de nivel socioeconómico del centro, no se observan diferencias.

Finalmente, se analiza el efecto específico de cada una de las variables de contexto incluidas en el modelo condicional. Esto permite reconocer en qué medida factores externos al control directo de los centros -en este caso, el uso de MATIFIC por parte de los estudiantes y las competencias digitales de las maestras- inciden en la eficiencia técnica, es decir, en cómo las escuelas transforman los recursos disponibles en el máximo rendimiento posible de sus

alumnos.

Al considerar la proporción de estudiantes activos en cada centro educativo, entendida como la frecuencia del uso de la plataforma, se observa una pendiente ascendente, lo que indica que a mayor proporción de estudiantes activos en el centro, menor es la discrepancia entre ambos modelos. Es interesante notar que en aquellas escuelas con muy bajo uso de MATIFIC (tasa de actividad por debajo del 20%), el contexto digital no parece tener efecto sobre la eficiencia escolar.

Gráfico 6.1 Relación entre r_k y la frecuencia de MATIFIC

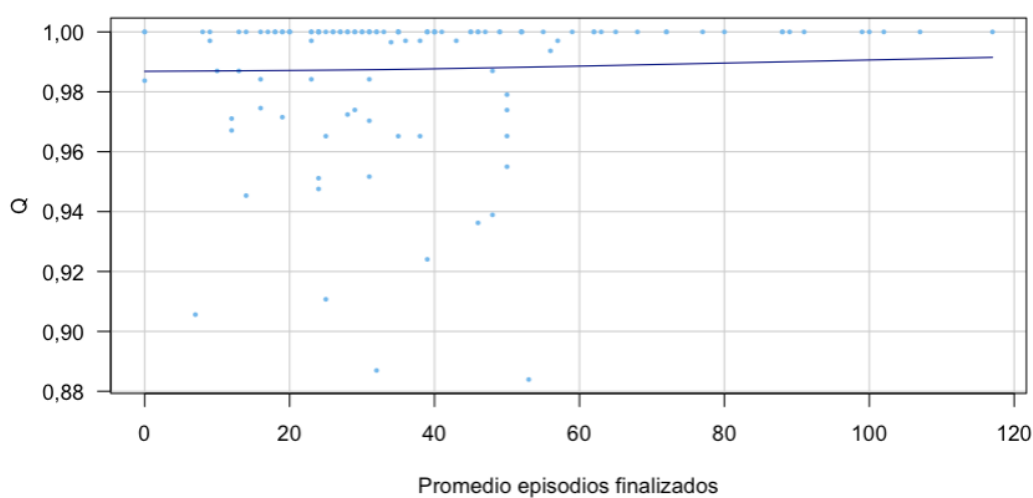


Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEEd y ANEP

En el Gráfico 6.2, se representa la relación entre r_k y el promedio de episodios finalizados por centro educativo (intensidad de uso). En este caso, la intensidad de uso solo tiene efecto sobre la eficiencia educativa en aquellas escuelas donde el uso de MATIFIC es bajo o medio (por debajo de 60 episodios finalizados). Para estos centros, el modelo incondicional tiende a sobreestimar la ineficiencia técnica al no contemplar adecuadamente las limitaciones digitales bajo las que operan. En estos casos la consideración de la intensidad del uso resulta pertinente

a fin de lograr comparaciones relativas más justas y precisas entre escuelas que operan bajo condiciones similares.

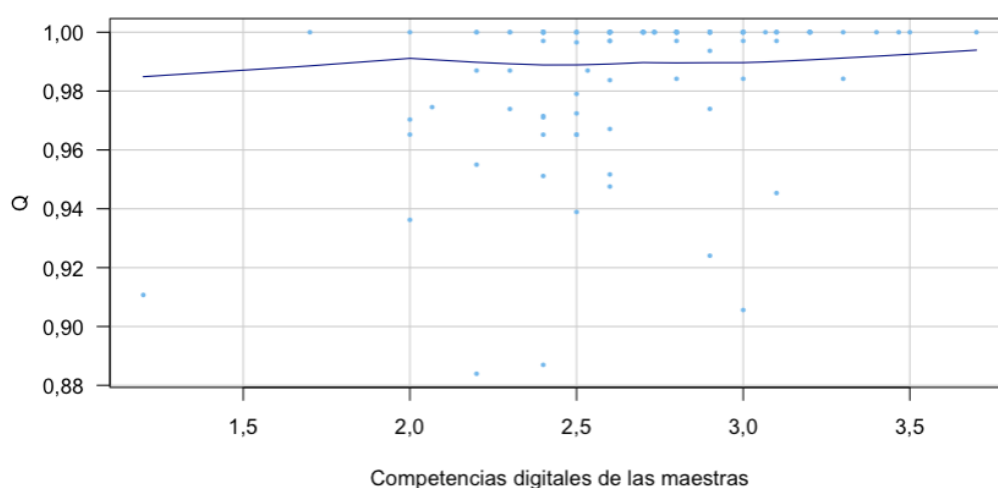
Gráfico 6.2 Relación entre r_k y la intensidad de uso de MATIFIC



Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEE y ANEP

Por último, el Gráfico 6.3 explora la relación entre el ratio r_k y el nivel de competencias digitales de las maestras en cada centro educativo. Se identifica una mayor dispersión en los valores del ratio en los niveles medios de competencias digitales, lo que sugiere que en estos casos la variable tiene mayor efecto sobre la eficiencia escolar.

Gráfico 6.3 Relación entre r_k y las competencias digitales de las maestras



Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEEd y ANEP

6.2 Caracterización de la eficiencia escolar

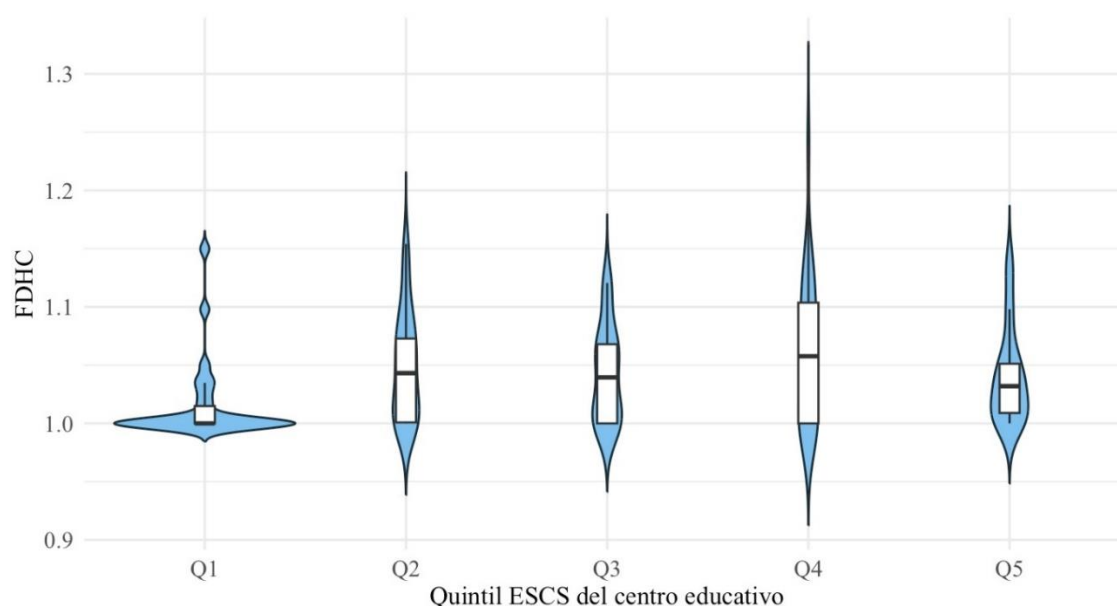
En el siguiente apartado, se analiza la distribución de la eficiencia escolar según diversas características de los centros educativos, con énfasis en aquellas variables que permiten contextualizar su funcionamiento. Para ello, se consideran los resultados del modelo condicional que tienen en cuenta el contexto digital.

El Gráfico 6.4 muestra cómo varían los niveles de eficiencia según el quintil socioeconómico del centro⁴. Los resultados evidencian que, una vez controlado por las variables de contexto, los centros con estudiantes en situación más desfavorable (Q1) tienden a ubicarse más cerca -o directamente sobre- la frontera eficiente. A partir del segundo quintil, la

⁴ Cada violín representa la distribución de los niveles de eficiencia en cada quintil socioeconómico. Las zonas más anchas del violín corresponden a mayor concentración de centros, mientras que colas largas muestran casos extremos.

distribución de la eficiencia se ensancha progresivamente, lo que refleja una mayor heterogeneidad en el desempeño relativo de los centros ubicados en contextos más favorables. En particular, en el Q4 se observan colas extendidas hacia valores superiores de ineficiencia, lo que podría estar indicando que, incluso en entornos socioeconómicos ventajosos, algunas escuelas enfrentan mayores dificultades para alcanzar el máximo nivel de desempeño potencial de sus estudiantes. En conjunto, este patrón sugiere que la eficiencia técnica no se distribuye de forma homogénea entre los distintos niveles de contexto socioeconómico y que aquellos centros que atienden a estudiantes más desfavorecidos logran un desempeño que se acerca al máximo posible dadas sus condiciones.

Gráfico 6.4 Eficiencia condicional (FDHC) por quintil socioeconómico



Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEE y ANEP

Al analizar la eficiencia según la categoría de centro educativo, se observa que las escuelas Aprender presentan mayor eficiencia promedio (3%) y al menos 50% de estas escuelas son

totalmente eficientes dado su contexto digital (valores de eficiencia iguales a 1). Esto se encuentra en línea con los resultados anteriores, ya que estos centros son los que se encuentran en contextos socioeconómicos más desfavorecidos.

En cambio, las escuelas de Práctica exhiben los valores más altos tanto en la media como en la mediana (6%), señalando un mayor grado de ineficiencia relativa después de controlar por contexto. Las escuelas de Tiempo Completo y Urbanas Comunes presentan niveles de eficiencia intermedios, con valores medios en torno a 4,5% y 4,4% respectivamente.

Tabla 6.3 Eficiencia condicional (FDHC) por tipo de centro educativo

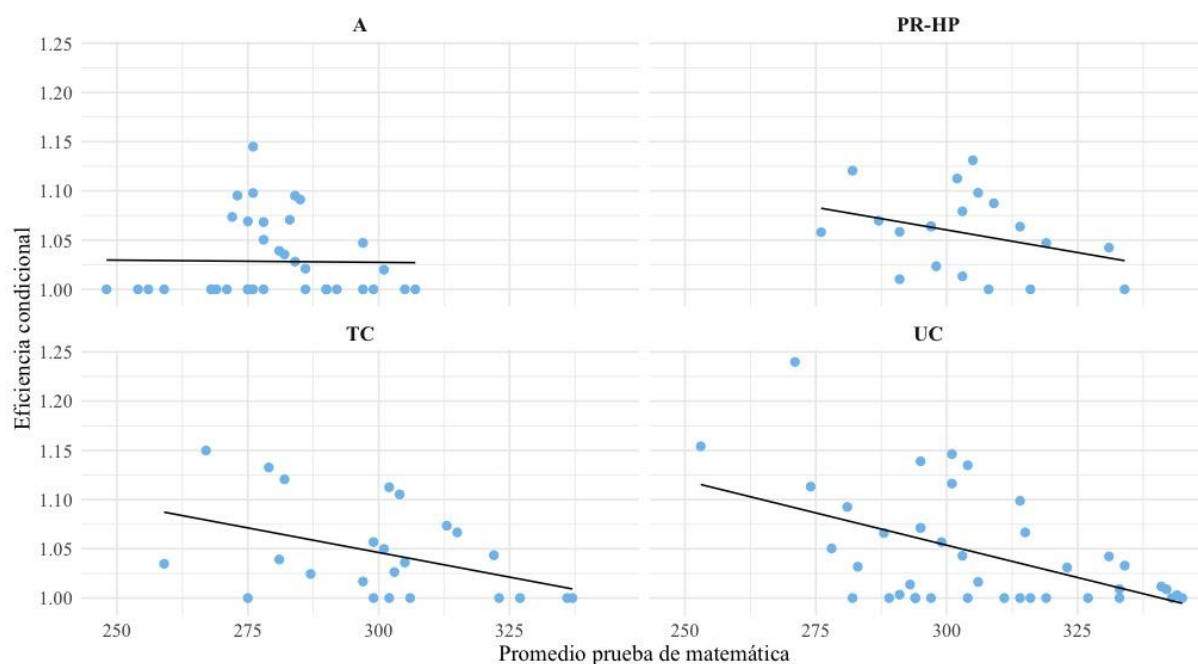
	Media	SD	Mínimo	Máximo	Q1	Q2	Q3
A	1,030	0,039	1,000	1,145	1,000	1,000	1,050
PR-HP	1,058	0,041	1,000	1,131	1,043	1,059	1,074
TC	1,045	0,047	1,000	1,150	1,000	1,035	1,068
UC	1,044	0,057	1,000	1,240	1,000	1,014	1,071

Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEEd y ANEP

Al complementar el análisis con la relación entre eficiencia y el desempeño académico en matemática (Gráfico 6.5), se observan matices relevantes según el tipo de centro educativo. Las escuelas Aprender, que presentan mayores niveles de eficiencia relativa condicional, concentran sus resultados en los puntajes más bajos de la prueba, lo que sugiere que logran utilizar de manera más eficiente los recursos disponibles, pero en contextos de menor rendimiento académico absoluto (y menores recursos). En contraste, las escuelas de Práctica tienden a obtener puntajes más altos en matemática, aunque con mayores niveles de ineficiencia y

dispersión. Este comportamiento podría estar reflejando que, pese a contar con condiciones más favorables, no todas logran traducir dicho potencial en un aprovechamiento eficiente de la herramienta digital.

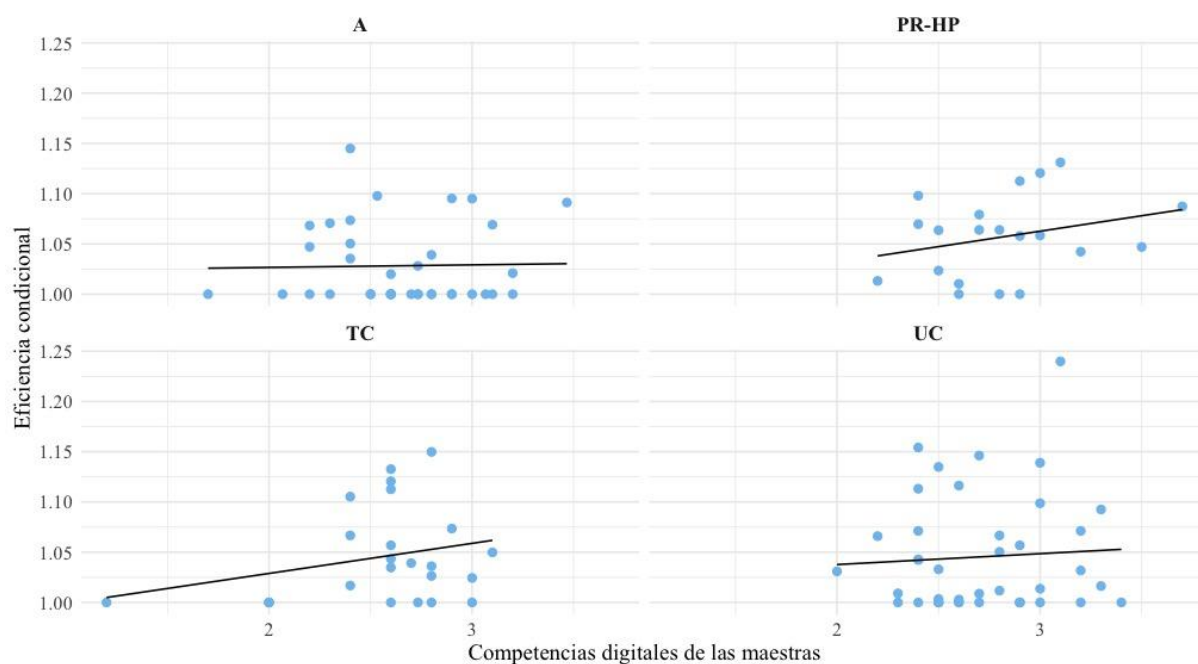
Gráfico 6.5 Eficiencia escolar (FDHC) y resultados en matemática por categoría de escuela



Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEEd y ANEP

Al incorporar el análisis de las competencias docentes (Gráfico 6.6), se observa que la eficiencia escolar tiende a ser más estable en aquellas categorías donde las maestras reportan un mayor dominio en el uso de tecnologías (especialmente en centros Urbanos Comunes). Sin embargo, también se identifican casos en los que, aun con altos niveles de habilidades digitales, la eficiencia presenta importantes variaciones, lo cual indica que la competencia tecnológica es una condición necesaria pero no suficiente para garantizar un uso eficiente de la plataforma.

Gráfico 6.6 Eficiencia escolar (FDHC) y competencias digitales de las maestras por categoría de escuela



Fuente: Elaboración propia en base a CEIBAL, INEED y ANEP

En conjunto, los resultados muestran que, si bien en promedio las escuelas podrían mejorar en torno a un 5% su eficiencia técnica, esta no se distribuye de manera homogénea entre los distintos tipos de centros ni entre los contextos socioeconómicos. El modelo condicional permitió aislar el efecto de variables relacionadas con el entorno digital externas al control de las escuelas, evidenciando que el uso de MATIFIC y las competencias digitales de las maestras introducen matices relevantes en la evaluación de la eficiencia. Si bien para la mayoría de los centros el contexto digital no modifica sustancialmente los resultados, existe un subconjunto significativo de escuelas -particularmente aquellas en condiciones más desfavorables- cuyo desempeño relativo mejora cuando se consideran dichas restricciones: mientras algunas escuelas en contextos más vulnerables logran aprovechar los recursos que tienen disponibles, pero en un contexto de bajo rendimiento académico (bajos puntajes en las pruebas), otros centros

con mejores condiciones socioeconómicas y docentes que declaran tener mayores habilidades tecnológicas presentan dificultades para alcanzar el máximo potencial de sus estudiantes.

7. CONCLUSIONES

Este trabajo investiga la eficiencia técnica con que operan los centros educativos de primaria pública en Uruguay y su relación con el uso de plataforma digitales. A partir de la aplicación de técnicas no paramétricas de frontera se estimó en qué medida las escuelas son capaces de obtener el máximo resultado educativo de sus alumnos a partir de los insumos con que cuentan, considerando explícitamente el efecto del uso de la plataforma MATIFIC (CEIBAL) sobre la eficiencia de las escuelas.

Es importante señalar que la utilización de modelos no paramétricos condicionales, escasamente explorada en las discusiones sobre eficiencia para Uruguay, también constituye en sí mismo un aporte de este trabajo. Más allá de los hallazgos específicos, la discusión conceptual sobre la herramienta y el manejo concreto de la técnica permiten ilustrar sobre las potencialidades de este tipo de modelo para aplicar a otras discusiones sobre eficiencia educativa.

En cuanto a los resultados, las estimaciones muestran que el uso de plataformas digitales tiene, en promedio, una escasa relación con la eficiencia escolar. En 67% de los centros el contexto digital -aproximado por el uso de MATIFIC y las competencias digitales de las maestras- no altera sustantivamente el nivel de eficiencia técnica. Sin embargo, en 1 de cada 3 escuelas una parte significativa de la ineficiencia estimada bajo el modelo tradicional podría estar sobrestimada al no considerar las condiciones digitales bajo las cuales opera cada centro. Es decir, en estos centros, el uso de la plataforma MATIFIC tiene un efecto sobre la eficiencia escolar y por tanto, su inclusión en el análisis resulta clave para comprender y valorar adecuadamente el desempeño institucional.

El efecto más destacado se observa en las escuelas Aprender, las cuales muestran un mejor desempeño al considerar el contexto digital en que operan, que en general es más limitado que

el de resto de escuelas. Esto sugiere que parte de su ineficiencia técnica en el modelo estándar (sin considerar el contexto digital), no responde a una mala gestión, sino a restricciones estructurales vinculadas al uso de TICs que podrían estar vinculadas al escaso acompañamiento familiar o mayores desafíos para integrar las TICs en las prácticas pedagógicas. Así, el enfoque condicional introduce una perspectiva más equitativa de evaluación, al comparar cada escuela con sus pares en condiciones similares, en lugar de con la muestra completa.

El análisis descriptivo refuerza estas conclusiones. Es interesante destacar que, si bien el resultado en matemáticas muestra una correlación positiva con el uso de MATIFIC, tanto en su intensidad (promedio de actividades finalizadas) como en su frecuencia (proporción de estudiantes activos), una vez se controla por el nivel de recursos escolares (eficiencia), esta asociación deja de ser relevante. Teniendo en cuenta que los insumos educativos considerados -principalmente el índice del nivel socioeconómico- exhiben desigualdades significativas entre centros, y están positivamente asociados con el nivel de uso de tecnologías en el aula, los resultados indicarían que la relación positiva entre uso de MATIFIC y resultado educativo estaría condicionada por la disponibilidad de recursos educativos y por un mejor nivel socioeconómico de los estudiantes. Estos hallazgos son consistentes con la literatura previa que destaca la relevancia del entorno institucional y el compromiso escolar para el aprovechamiento de los recursos digitales (INEEd, 2021; Mancebo et al., 2022).

En suma, los resultados subrayan que el uso de MATIFIC no afecta a la eficiencia escolar para todos los centros, pero tiene un efecto destacado en aquellos que enfrentan mayores restricciones estructurales. Por tanto, considerar el contexto digital de estas escuelas permite una lectura más equitativa de la eficiencia educativa, reconociendo que no todos los centros operan en igualdad de condiciones en cuanto al uso de las TICs en el aula.

BIBLIOGRAFÍA

Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). (2020). *Memoria de gestión 2020-2024*. ANEP.

Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). (2021). *Relevamiento de características socioculturales de las escuelas públicas de la Dirección General de Educación Inicial y Primaria*. ANEP.

Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). (2022). *Educación Básica Integrada: Plan de estudios 2022*. ANEP.

Administración Nacional de Educación Pública (ANEP). (2023). *Observatorio educativo – Estadísticas educativas*. ANEP.

Agasisti, T., Antequera, G., & Delprato, M. (2023). *Technological resources, ICT use and Schools efficiency in Latin America: Insights from OECD PISA 2018*. International Journal of Educational Development.

Angrist, J., & Lavy, V. (2002). *New evidence on classroom computers and pupil learning*. The Economic Journal.

Aristazabal, G., Castillo, M., & Escandón, D. (2009). *Las Tecnologías de la Información y Comunicación como determinante en el rendimiento académico escolar, Colombia 2006-2009*. Investigaciones de economía de la educación.

Aristovnik, A. (2013). *ICT expenditures and education outputs/outcomes in selected developed countries: An assessment of relative efficiency*. Campus-Wide Information Systems.

Ayieko, R., Gokbel, E., & Nelson, B. (2017). *Does computer use matter? The influence of computer usage on eighth-grade students' mathematics reasoning*. Forum for International Research in Education.

Azar, P., González, F., & Muinelo, L. (2018). *The efficiency of Uruguayan secondary*

schools: Evidence based on PISA 2015 data. Serie Documentos de Trabajo, DT 14/2018. Instituto de Economía, Facultad de Ciencias Económicas y Administración, Universidad de la República, Uruguay.

Azar, P., & Sicilia, G. (2023). *Assessing potential improvement in education: Unravelling pupils' schools' inefficiencies using a multi-level metafrontier approach*. Economic Modelling.

Banerjee, A., Cole, S., Duflo, E., & Linden, L. (2007). *Remedying Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India*. The Quarterly Journal of Economics.

Caballero de Luis, S. (2021). *Una revisión sistemática a 10 años del Plan Ceibal en Uruguay*. Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología.

Cabero, J. (2004). *Las TICs como elementos para la flexibilización de los espacios educativos: retos y preocupaciones*. Comunicación y Pedagogía. Revista de Nuevas Tecnologías y Recursos Didácticos.

Carbajal, F., Rovner, H., & Tuzman, D. (2022). *Cierre de escuelas en pandemia, los aprendizajes en Uruguay*. Banco Mundial.

Cazals, C., Florens, J. P., & Simar, L. (2002). *Nonparametric frontier estimation: a robust approach*. Journal of Econometrics.

CEIBAL. (2021). *Ceibal en cifras – diciembre 2020*. Plan Ceibal.

CEIBAL. (2021a). *Uso de plataformas educativas – Informe 2020*. Plan Ceibal.

CEIBAL. (2021b). *Plan estratégico Centro Ceibal 2021–2025*. Centro Ceibal.

Cestau, R. (2018). *Desempeño estudiantil y entorno familiar en educación secundaria en Uruguay: Un análisis de eficiencia utilizando PISA 2018*. Universidad de la República.

Charnes, A., Cooper, W., & Rhodes, E. (1978). *Measuring the efficiency of decision-making units*. European Journal of Operational Research.

Cherchye, L., Moesen, W., Rogge, N., & Van Puyenbroeck, T. (2007). *An introduction to 'benefit of the doubt' composite indicators*. Soc Indic Res.

Claro, M. (2010). *Impacto de las TIC en los aprendizajes de los estudiantes: estado del arte*. CEPAL.

Cordero, J. M., Polo, C., Santín, D., & Simancas, R. (2018). *Efficiency measurement and cross-country differences among schools: A robust conditional nonparametric analysis*. Economic Modelling.

Daraio, C., & Simar, L. (2005). *Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: a probabilistic approach*. Journal of Productivity Analysis.

Daraio, C., & Simar, L. (2007). *Conditional nonparametric frontier models for convex and nonconvex technologies: estimation and inference*. Journal of Productivity Analysis.

De Melo, G., Machado, A., & Miranda, A. (2017). *El impacto en el aprendizaje del programa una laptop por niño*. El trimestre económico.

De Witte, K., & Kortelainen, M. (2013). *What explains the performance of students in a heterogeneous environment? Conditional efficiency estimation with continuous and discrete environmental variables*. Applied Economics.

De Witte, K., & Rogge, N. (2014). *Does ICT matter for effectiveness and efficiency in mathematics education?* Computers & Education.

De Witte, K., & López-Torres, L. (2017). *Efficiency in education: A review of literature and a way forward*. Journal of the Operational Research Society.

Deprins, D., Simar, L., & Tulkents, H. (1984). *Measuring labor-efficiency in post offices*. Université catholique de Louvain, Center for Operations Research and Econometrics.

D'Inverno, G., Carosi, L., & Romano, G. (2021). *Environmental sustainability and service quality beyond economic and financial indicators: A performance evaluation of Italian*

water utilities. Socio- Econ Plan Sci.

Farrell, M. (1957). *The measurement of productive efficiency*. Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society.

Formichella, M., & Alderte, M. (2018). *TIC en la escuela y rendimiento educativo: el efecto mediador del uso de las TIC en el hogar*. Cuadernos de Investigación Educativa.

Goolsbee, A., & Guryan, J. (2006). *The impact of Internet subsidies in public schools*. The Review of Economics and Statistics.

Haelermans, C., & De Witte, K. (2012). *The role of innovations in secondary school efficiency: Evidence from a conditional efficiency model*. European Journal of Operational Research.

Hanushek, E. (1979). *Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions*. Journal of Human Resources.

Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2011). *The economics of international differences in educational achievement*. Handbook of the Economics of Education.

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2021). *Anuario estadístico de educación 2020*. INE.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). (2021). *Aristas 2020: Primer informe de resultados de tercero y sexto de educación primaria*. INEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). (2022). *Informe sobre el estado de la educación en Uruguay 2019-2020*. INEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). (2022a). *Plataformas de Ceibal: uso antes y durante la pandemia de COVID-19*. INEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). (2023). *Gasto público en educación obligatoria como porcentaje del gasto público total, según nivel educativo. Años*

2007-2023. Mirador Educativo—INEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd). (2023a). *Prácticas de enseñanza mediadas por TIC en el marco del programa Aristas en escuelas de tiempo completo: uso de plataformas y su relación con resultados educativos*. INEEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd) & CEIBAL. (2022). *Uruguay en ICILS 2018: Un estudio sobre las competencias digitales de los estudiantes y el uso de tecnologías en los centros educativos*. INEEEd.

Instituto Nacional de Evaluación Educativa (INEEd) y CEIBAL. (2022a). *Pandemia y uso docente de TIC. Informe de resultados nacionales del panel docente ICILS 2018-2020*. INEEEd y CEIBAL.

Levin, H. (1974). *Measuring efficiency in educational production*. Public Finance Quarterly.

López-Torres, L., & Prior, D. (2015). *Assessing European primary school performance through a conditional nonparametric model*. Omega.

Luckin, R., Bligh, B., Manches, A., Ainsworth, S., Crook, C., & Noos, R. (2012). *Decoding Learning the Proof, Promise and Potential of Digital Education*. Nesta.

Mancebo, M., Vázquez, D., & Otero, M. (2022). *Trayectorias educativas y desigualdad: análisis de experiencias escolares en clave territorial*. Revista de Ciencias Sociales.

Martínez, R., Leite, C., & Monteiro, A. (2016). *TIC y formación inicial de maestros: oportunidades y problemas desde la perspectiva de estudiantes*. Cuadernos de Investigación Educativa.

Mergoni, A., Soncin, M., & Agasisti, T. (2022). *The Effect of ICT on Schools' Efficiency: Empirical Evidence on 23 European Countries*. Omega.

Ministerio de Educación y Cultura (MEC). (2020). *Anuario estadístico de educación*.

Dirección de Educación, Departamento de Información y Estadística Educativa.

OREALC/UNESCO. (2007). *El derecho a una educación de calidad para todos en América Latina y el Caribe*. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficiencia y Cambio en Educación.

Perera, M., & Aboal, D. (2017). *Evaluación del impacto de la Plataforma Adaptativa de Matemática en los resultados de los aprendizajes*. Centro de Investigaciones Económicas.

Presidencia de la República Oriental del Uruguay. (2023). *Rendición de cuentas y balance de ejecución presupuestal. Ejercicio 2022*. Oficina de Planeamiento y Presupuesto.

Román, M., & Murillo, F. (2014). *Disponibilidad y uso de TIC en escuelas latinoamericanas: incidencia en el rendimiento escolar*. Educação e Pesquisa.

Santín, D., & Sicilia, G. (2015). *Measuring the efficiency of public schools in Uruguay: Main drivers and policy implications*. Latin American Economic Review.

Sicilia, G. (2014). *Factores explicativos de la eficiencia educativa en Uruguay: evidencia a partir de PISA 2012*. Páginas de Educación.

Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). *Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes*. Journal of Econometrics.

Sirin, S. R. (2005). *Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research*. Review of Educational Research.

Sprietsma, M. (2012). *Computers as pedagogical tools in Brazil: a pseudo-panel analysis*. Education Economics.

Su, C., & Cheng, C. (2013). *A Mobile Game-based Insect Learning System for improving the learning achievements*. Procedia-Social and Behavioral Sciences.

UNESCO. (2015). *Education for All 2000–2015: Achievements and Challenges*. EFA Global Monitoring Report.

Warschauer, M., Cotten, S. R., & Ames, M. G. (2022). *One Laptop per Child: Vision, transformation, and reality*. Frontiers in Education.

van Braak, J. (2001). *Factors influencing the use of computer mediated communication by teachers in secondary schools*. Computers & Education.