

Fernando González Vigil (editor)

29

DOCUMENTO
DE INVESTIGACIÓN

Economía aplicada

Ensayos de investigación económica 2023

Martha Sofía Aredo Jacinto
Abdón Cárdenas Pérez
Nicolás Sebastián Claverías Cisneros
Camila Andrea Cuba Jara
Renato Paul Florián Cabello
Johann Andrew Lázaro Silva
Sebastián Steve Portocarrero Polanco
Mauricio Nash Rebaza Gilio
Gonzalo Gabriel Suzuki Cósser
Matías Gabriel Villalba Ortega

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza

Fondo
Editorial



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

Economía aplicada

Ensayos de investigación económica 2023

Martha Sofía Aredo Jacinto
Abdón Cárdenas Pérez
Nicolás Sebastián Claverías Cisneros
Camila Andrea Cuba Jara
Renato Paul Florián Cabello
Johann Andrew Lázaro Silva
Sebastián Steve Portocarrero Polanco
Mauricio Nash Rebaza Gilio
Gonzalo Gabriel Suzuki Cósser
Matías Gabriel Villalba Ortega

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza

Impacto de la infraestructura escolar sobre el rendimiento académico de los alumnos del Perú: implementación de laboratorios en las instituciones educativas¹

Gonzalo Gabriel Suzuki Cósser

Introducción

El servicio educativo es crucial para el desarrollo de un país, porque mejora su capital humano (Campana *et al.*, 2014) y su acumulación a lo largo del tiempo (Cardona *et al.*, 2007). Esta acumulación incrementa la competitividad del individuo al mejorar sus habilidades y su productividad laboral. El impacto económico de la educación ha sido evaluado desde diversas perspectivas, sea como un componente de un proceso amplio con objetivos macroeconómicos y de crecimiento, o desde una perspectiva micro que examina la interacción entre varios factores condicionantes de la oferta del servicio educativo y su resultado, reflejado en el rendimiento académico de los alumnos. Según Campana *et al.* (2014), esta interacción puede ser influenciada por factores como la infraestructura escolar implementada para ofrecer tal servicio. La cual incluye elementos como las instalaciones y el entorno físico de la escuela, entre otros (Beltrán & Seinfeld, 2013). Es muy importante destacar que los servicios educativos deben incluir medidas de seguridad y salubridad en la infraestructura escolar, debido a que los alumnos son una población vulnerable que necesita condiciones salubres y seguras en su escuela para desarrollar sus potencialidades y lograr un buen rendimiento académico (Arcia, Porta, & Laguna, 2004; Minedu, 2022).

¹ Este ensayo es una versión resumida y editada del Trabajo de Investigación Económica que, con el mismo título, fue concluido y aprobado en noviembre de 2023. Su autor agradece en especial al asesor de este trabajo, el profesor Julio Aguirre, así como a los miembros del jurado, profesores César Guadalupe y Miguel Prialé, por sus valiosas observaciones.

La infraestructura escolar incluye a todas las instalaciones materiales empleadas en el entorno educativo, como edificios, laboratorios, bibliotecas, gimnasios, aulas, entre otras, con el fin de proporcionar un espacio ideal y propicio para el desarrollo del aprendizaje (Minedu, 2017a). El censo de infraestructura escolar de 2013 evaluó el estado físico de 49 516 locales escolares. Se reveló que más de la mitad de las estructuras mostraban alta vulnerabilidad ante sismos, más de un tercio de los terrenos presentaban dificultades de saneamiento físico o legal, y cerca del 80% de las escuelas rurales no tenían buen acceso a servicios de agua y desagüe. Por ello, el Minedu estableció metas prioritarias: abordar inmediatamente las escuelas en situación de riesgo, incrementar el acceso a dichos servicios y mejorar su calidad en colegios rurales, y resolver la problemática de propiedad pendiente de regularización. Según el Minedu (2016), se formuló un plan basado en necesidades de infraestructura y seguridad estudiantil. Seguidamente, se fortaleció y dio autonomía ejecutora financiera al Programa Nacional de Infraestructura Educativa (Pronied). Y, mediante este programa, se transfirieron más de S/ 1800 millones para el mantenimiento de 51 513 locales (techos, muros, ventanas, instalaciones sanitarias y eléctricas, entre otros).

Por otro lado, la matrícula de alumnos a Educación Básica Regular (EBR) aumentó un 1,9% en 2020, llegando a casi 8,2 millones de estudiantes, el 77% de ellos en instituciones educativas públicas (ComexPerú, 2021). La EBR comprende tres niveles: inicial (primeros 5 años), primaria (6-11 años) y secundaria (12-16 años); este último dividido en ciclo VI (primer y segundo año) y ciclo VII (tercero, cuarto y quinto año) (INEI, 2015).

La presente investigación se basa en la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE), que evalúa el aprendizaje de los estudiantes en cada escuela con más de cinco estudiantes matriculados en el grado escolar evaluado (Minedu, 2017b). Específicamente, se basa en los resultados de las ECE de 2018 y 2019 para alumnos del segundo grado de secundaria (ciclo VI), que incluyeron una evaluación en CTA (ciencia, tecnología y ambiente). El análisis de las pruebas ECE se basa en el modelo probabilístico Rasch². Sus resultados agregados a nivel nacional mostraron que, entre los años 2018 y 2019, mejoraron los porcentajes de estudiantes con un nivel «satisfactorio» en matemáticas (del

² El modelo Rasch permite evaluar la probabilidad de que un alumno responda acertadamente a preguntas (ítems) con diversos niveles de dificultad. Dado que esta probabilidad depende no solo de la dificultad de la pregunta sino también de la aptitud (conocimientos, habilidades) del alumno, la escala Rasch mide esta última. Así, a medida que aumenta el valor de la aptitud medida en la escala Rasch, se espera un mejor desempeño del alumno porque mayor será la probabilidad de que responda correctamente a más ítems (Minedu, 2018).

14,1 al 17,7%) y CTA (del 8,5 al 9,7%), mientras que empeoraron en lectura (del 16,2 al 14,5%) (Minedu, 2020). Y sus resultados desagregados mostraron porcentajes heterogéneos en rendimiento académico entre áreas rurales y urbanas, o según la gestión educativa del colegio, que resaltan la necesidad de abordar las brechas estructurales e institucionales en la materia.

Por ello, la presente investigación analiza la relación específica entre un componente de la infraestructura escolar –los laboratorios de ciencias– y el puntaje obtenido en la prueba de CTA por estudiantes del segundo grado de secundaria para los años 2018 y 2019, en que la ECE incluyó dicha prueba. Para ello, se utiliza la ecuación de producción educativa a nivel micro, enfocada en comprender la relación entre los factores que la componen (la infraestructura escolar incluida) y el rendimiento académico (Hanushek, 1979). La infraestructura escolar, como parte de estos factores, es entendida y medida en función a los laboratorios de ciencias implementados en cada escuela, y también incluye otras características del local escolar que se detallarán más adelante.

La pregunta por resolver es: ¿cuál es el impacto de los laboratorios de ciencias en las instituciones educativas sobre el rendimiento académico de los alumnos de segundo de secundaria del Perú en 2018 y 2019? La hipótesis plantea que los laboratorios de ciencias en las escuelas secundarias tienen un impacto significativo en el rendimiento académico de los estudiantes de segundo de secundaria. Esta afirmación se basa en la idea de que estos laboratorios, al permitir la práctica y el desarrollo de habilidades relacionadas con el currículo, pueden mejorar la capacidad de respuesta correcta en las pruebas de CTA en comparación con estudiantes sin acceso a estos laboratorios. Tal hipótesis es verificada mediante una investigación cuantitativa para establecer si se rechaza la hipótesis nula (H_0) de que no hay evidencia para concluir que existe asociación entre las variables, y considerar la retención de la hipótesis alternativa (H_A) de que existe un impacto distinto de cero. El uso de esta prueba de significancia será justificado en la sección de metodología.

Los objetivos específicos de la presente investigación son: (i) analizar los efectos heterogéneos entre la calidad de enseñanza de los docentes (*proxy*: docentes a cargo del área curricular de CTA) y el uso de los laboratorios de ciencias sobre el rendimiento académico de los alumnos; y (ii) analizar la existencia de efectos heterogéneos entre la existencia de laboratorios de ciencias y los niveles de rendimiento académico reportados por la ECE según dominio geográfico (INEI, 2022). Este estudio es relevante porque aborda una brecha en el conocimiento, al investigar el impacto de los laboratorios de ciencias en el rendimiento académico de estudiantes de secundaria en el Perú. Los resultados

pueden orientar decisiones educativas y mejorar las prácticas escolares, además de contribuir al debate académico sobre la influencia de la infraestructura.

1. Revisión de literatura

Como antes dicho, el impacto económico de la educación ha sido evaluado desde diversas perspectivas, considerándolo como un componente de un proceso amplio con objetivos macroeconómicos y de crecimiento, y también desde una perspectiva micro que examina la interacción entre varios factores condicionantes de la oferta del servicio educativo y su resultado reflejado en el rendimiento académico de los alumnos. Estos factores incluyen la infraestructura escolar implementada para ofrecer tal servicio (Campana *et al.*, 2014).

El análisis microeconómico suele emplear una función de producción educativa para evaluar los factores (o insumos) determinantes del producto final, que es el aprendizaje medido por el rendimiento académico del estudiante. Según Pritchett y Filmer (1999), esta función implica que las instituciones educativas buscan maximizar el rendimiento académico sujeto a restricciones presupuestarias.

Uno de los primeros autores en estimar una función de producción educativa fue Hanushek (1979), quien propuso medir el rendimiento académico utilizando pruebas estandarizadas como variable dependiente. Modeló una ecuación en la que el rendimiento académico es el resultado de una función de producción con insumos explicativos identificados a través de descubrimientos empíricos; y utilizó mínimos cuadrados ordinarios (OLS, por su sigla en inglés) para estas estimaciones, una práctica común cuando la información está limitada a un único período. Formalmente:

$$A_{it} = f(Q_{it} C_{it} H_{it} I_{it}) \dots (1)$$

Donde el producto A_{it} representa el rendimiento educativo logrado por el estudiante; Q_{it} , el vector de características propias del colegio, sus docentes e insumos escolares; C_{it} , el vector de características del alumno; H_{it} , el vector de características familiares del alumno y su entorno; e I_{it} , el vector de características relacionadas con la infraestructura educativa. La ecuación incorpora así un conjunto de factores tanto de oferta educativa como de demanda educativa.

Este modelo supone que el indicador de logro educativo es el rendimiento académico del alumno y que para cuantificarlo es necesario recurrir a pruebas estandarizadas (Hanushek, 1979). También supone que los vectores no simplifican los factores explicativos por el afán de agruparlos, ni omiten factores validados por expertos en educación y áreas adyacentes.

En el ámbito internacional, varios estudios han evaluado los efectos de la infraestructura escolar, y algunos de sus componentes, en el rendimiento académico de los alumnos. Por ejemplo, la investigación de Duarte, Gargiulo y Moreno (2011), basada en datos del Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (Serce), examina cómo el estado de las instalaciones de las escuelas de educación básica afecta el rendimiento escolar. Sus autores concluyen que la inversión en infraestructura que respalda el proceso de aprendizaje, como la disponibilidad de bibliotecas y laboratorios, junto con el acceso a servicios de agua potable y saneamiento y la cantidad de baños, son los factores que más influyen en el desempeño escolar. Similarmente, Barret *et al.* (2019) centran su análisis en características de la escuela, como su tamaño y ubicación, la seguridad y sanidad de su infraestructura, y sus espacios para el aprendizaje. Y encuentran evidencia de que el tamaño de –y la distancia a– la escuela y su dotación de servicios sanitarios impactan significativamente en el rendimiento escolar.

Cabe resaltar que las necesidades de aprendizaje y las brechas infraestructurales dependen grandemente del contexto sociogeográfico del país o región en evaluación. Así, los respectivos requerimientos principales para una nación o región desarrollada difieren de los pertinentes para un país emergente como el Perú, y para las distintas regiones peruanas. En tal sentido, Beltrán y Seinfeld (2013) señalan que la educación en el Perú está limitada por la baja calidad de la oferta y la demanda educativa a nivel inicial. Dicha limitación prevalece en zonas rurales, las cuales no siempre cuentan con escuelas, y las existentes suelen ser de baja calidad y transmisoras de modelos educacionales que no consideran los contextos sociogeográficos.

En efecto, un estudio previo de dichas autoras (Beltrán & Seinfeld, 2011) halla que la ubicación del colegio y su gestión educativa influyen significativamente en el rendimiento escolar. Lo cual demuestran mediante una estimación con datos panel de una función de productiva educativa que perfecciona la propuesta por Hanushek (1979) incorporando una serie de variables socioeconómicas y familiares (como el sexo y la lengua materna del alumno, el grado de instrucción de su apoderado, los ingresos de su hogar, entre otras), y una serie de variables enfocadas en las características de su centro educativo (disponibilidad y estado de espacios para el aprendizaje, y de servicios básicos) y de sus profesores (título o años de experiencia, idioma y calidad de su dictado).

Esos hallazgos corroboran y amplían el alcance de lo previamente encontrado por Benavides (2002) respecto a la influencia de la ubicación geográfica

de la institución educativa. Este estudio evaluó a estudiantes de primaria y secundaria en matemáticas, encontrando consistentes disparidades en los resultados según la región. Se observó que los estudiantes que residen en zonas costeras tienden a tener un mejor rendimiento en comparación con aquellos en la sierra, mientras que estos últimos superan a los estudiantes de la selva.

También es importante considerar que los elementos del proceso de aprendizaje no tienen un efecto uniforme en el rendimiento académico, ya que este efecto puede variar según la variable específica analizada. Por ejemplo, Jacoby, Cueto y Pollitt (1999) determinaron, estudiando el caso de alumnos de habla quecha en Huaraz, que el rendimiento en lectura está más influenciado por factores asociados al entorno familiar, mientras que en matemáticas está más relacionado con la infraestructura escolar. Además, se ha identificado que las características socioeconómicas y el idioma materno tienen un impacto positivo mayor en los resultados de lectura que en los de matemáticas, en el Perú y otros países latinoamericanos (Vélez, Schifeldin, & Valenzuela, 1994).

Impacto educativo de los laboratorios de ciencias

Hodson (1994) resalta que la enseñanza de ciencias busca generar diferentes tipos de aprendizaje en los estudiantes, incluyendo contenidos teóricos, procedimentales y actitudinales. Esto implica fomentar la colaboración y el trabajo en equipo para desarrollar el conocimiento científico a través de la práctica en laboratorio. Se sugiere que estas prácticas en el laboratorio de ciencias pueden ayudar a los alumnos a comprender que la ciencia no es inaccesible (Lunetta, 1998). El uso de laboratorios en la enseñanza de ciencias y tecnología tiene como objetivo motivar e interesar a los alumnos antes, durante y después de las actividades prácticas, así como mejorar la adquisición de habilidades y conocimientos científicos (Guzmán, 2016; Barberá & Valdés, 1996).

Esos planteamientos consideran que los estudiantes, al participar en prácticas de laboratorio, afinan sus opiniones, ponen a prueba su capacidad de reflexión y explicación, y cuestionan sus propios conocimientos, promoviendo así la exploración, el desarrollo y la discusión de sus ideas a través de la comparación con las experiencias de otros participantes (Hodson, 1994; López & Tamayo, 2012). De este modo, los alumnos comienzan a adoptar actitudes favorables al trabajo científico (Keys, 1987). Sin embargo, es posible que algunos alumnos perciban el trabajo práctico en el laboratorio como una tarea de seguir procedimientos y rescatar respuestas correctas, centrándose más en la manipulación de instrumentos que en la comprensión de conceptos (Hofstein & Lunetta, 2004).

El estudio realizado por Hodson en escuelas de Auckland (Nueva Zelanda) resalta que un considerable porcentaje de los estudiantes integrantes de la muestra expresaron su entusiasmo hacia las actividades de laboratorio, con comentarios tales como «disfruto cuando comprendo lo que estamos haciendo», «me gusta cuando realizamos nuestros propios experimentos» y «no me agrada cuando las cosas no salen como esperaba» (Hodson, 1990). En muchas ocasiones, lo que resulta atractivo para los estudiantes es la oportunidad de llevar a cabo procesos de aprendizaje más participativos, interactuando fluidamente con el profesor y con sus compañeros, así como la posibilidad de organizar el trabajo práctico según sus preferencias, en lugar de simplemente realizar experimentos o procedimientos de laboratorio por sí solos (Hodson, 1994). Por ello, el papel de los docentes resulta fundamental, ya que deben entender que las prácticas de laboratorio no se limitan a ser simples recetas para aplicar las lecciones en clase, sino que facilitan la comprensión de conceptos científicos por parte de los alumnos, siempre y cuando se establezcan claros objetivos educativos más allá de la mera experimentación (López & Tamayo, 2012).

En tal sentido, el rol del docente está determinado en principio por los objetivos específicos del currículo escolar, que en la educación secundaria incluyen el fortalecimiento de la formación científica y humanística, así como la orientación vocacional y la capacitación en diversas áreas con enfoques teóricos y prácticos (INEI, 2015). El docente también debe saber aprovechar las capacidades del equipamiento del laboratorio para llevar a cabo experimentos sobre procesos biológicos, físicos y/o químicos, relacionados con los contenidos del currículo escolar. Además, las autoridades educativas deben considerar la existencia de otros elementos que influyen en la mejora del proceso de aprendizaje de ciencia y tecnología (u otras asignaturas) en los estudiantes. Por ejemplo, si las instalaciones del laboratorio y otras de la propia escuela cuentan con acceso a fuentes de agua y electricidad necesarias para el desarrollo de actividades educativas en el laboratorio. Los estudios antes citados brindan luces sobre el amplio y complejo grupo de variables involucradas en el proceso educativo y su impacto en el rendimiento de los alumnos.

2. Marco analítico

2.1 La ecuación de producción educativa

A la luz de los estudios consultados, la noción de la escuela como entidad proveedora de servicios educativos nos lleva a examinar una función de producción educativa, que busca maximizar el rendimiento académico de

los alumnos (Pritchett & Filmer, 1999). Empleamos la función formulada por Hanushek (1979), donde un insumo clave es la infraestructura escolar concretada en instalaciones materiales para el proceso de enseñanza-aprendizaje (como aulas y laboratorios, entre otras). Y aproximamos la variable por maximizar mediante puntajes en pruebas estandarizadas.

Varios autores han propuesto ecuaciones de producción educativa con diferentes especificaciones según los objetivos del estudio y la disponibilidad de datos sobre las variables involucradas. Harbinson y Hanushek (1992) clasifican los factores explicativos desde la perspectiva de la oferta educativa, incluyendo la infraestructura física de la institución, los recursos utilizados durante la enseñanza y el capital humano involucrado en esta; complementando así la propuesta inicial de Hanushek (1979), quien también considera un vector de características del alumno y su entorno familiar. Por otro lado, Glewwe y Miguel (2008) proponen una alternativa que considera factores como la salud de los estudiantes, el apoyo parental, las características de la institución educativa y la duración de la educación del estudiante.

Para la presente investigación, optamos por emplear la formulación estilo Hanushek (1979) detallada en la ecuación (1), debido a la analogía que establece entre el proceso educativo y el de producción de bienes, donde el resultado final es el rendimiento académico. Esta aproximación se adapta a la disponibilidad de datos para nuestro estudio, clasificándolos en cuatro grupos de variables según los factores establecidos por Hanushek (1979). Aunque este enfoque tiene limitaciones porque no abarca las múltiples dimensiones del complejo proceso de enseñanza-aprendizaje, la función de producción adoptada cubre factores muy significativos y permite modelar el proceso. Además, esta formulación es respaldada por la investigación de Beltrán y Seinfeld (2011), quienes refuerzan la selección de los factores identificados por Hanushek (1979). Por todo lo cual, aquí se utiliza la versión lineal de la ecuación de producción educativa, ya que facilita la evaluación individual de la relación entre cada factor y el rendimiento académico, lo que permite identificar posibles problemas de multicolinealidad entre las variables independientes. El anexo 1 describe los detalles específicos de la siguiente ecuación:

$$A_{it} = \beta_0 + \sum \beta_{Qit}Q_{it} + \sum \beta_{Cit}C_{it} + \sum \beta_{Hit}H_{it} + \sum \beta_{Lit}L_{it} + \varepsilon_{Ait} \quad (2)$$

2.2 Elementos de la ecuación de producción educativa

Según Hanushek (1979), los elementos involucrados en el proceso de enseñanza-aprendizaje que explican el rendimiento académico de los alumnos son:

los insumos escolares « Q_{it} » e « I_{it} », los insumos familiares « H_{it} » y la contribución del alumno « C_{it} » (ecuación (1)). El primer grupo de variables aborda las características del docente, la gestión administrativa del centro educativo, la infraestructura escolar y el acceso a servicios básicos, entre otros elementos. El segundo grupo considera las características socioeconómicas del hogar del alumno y las características de la ubicación geográfica. El tercer grupo se refiere a las características individuales del alumno.

3. Metodología

3.1 Diseño de la investigación

Este estudio no se basa en una investigación experimental controlada con asignación aleatoria de tratamientos. En lugar de ello, utiliza datos del Censo Escolar 2018 y 2019 sobre la presencia de laboratorios de ciencias implementados en instituciones que ofrecen educación secundaria, así como los puntajes obtenidos en la prueba de CTA de las ECE para dichos años. La población del estudio consiste en alumnos de segundo grado de secundaria, diferenciando entre el grupo de alumnos en colegios que tienen laboratorios de ciencias y el grupo en colegios que no los tienen.

Los datos utilizados son de corte transversal para los años 2018 y 2019. Para evitar posibles problemas relacionados con la exogeneidad condicional, fue necesario justificar que la presencia de laboratorios de ciencias no está influenciada por factores no observables que puedan afectar los resultados de la estimación. Si esto no se justifica adecuadamente, las variables podrían correlacionarse, lo que pondría en duda la base para atribuir a una variable el efecto o diferencia encontrada entre los grupos analizados. En efecto, la presencia de laboratorios de ciencias está influenciada por diversos factores, como los recursos disponibles en la institución, la ubicación geográfica y el acceso a servicios básicos como agua, electricidad y desagüe. Por ejemplo, es menos probable que un colegio en lugares remotos tenga un laboratorio implementado en comparación con uno en la capital, lo que podría afectar el rendimiento en las evaluaciones.

Para abordar este problema, aquí se utilizan variables de control relevantes para ajustar posibles sesgos en la relación entre la variable independiente principal y la variable dependiente. Esto permite aislar el efecto específico de interés y mejorar la precisión de las estimaciones. También se analiza aquí la presencia de laboratorios según dominios geográficos (INEL, 2022), para controlar la heterogeneidad de las instituciones educativas en

cuanto al acceso a servicios básicos, recursos disponibles y características del centro poblado.

3.2 Descripción de las fuentes de información

La Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) 2018 y 2019 constituye una sólida fuente de información sobre los resultados de los alumnos de segundo de secundaria en la prueba de CTA del Minedu, necesaria para la construcción de la variable dependiente. Estos resultados son reportados según el puntaje obtenido en la prueba de ciencias y representan una posición con base en el modelo probabilístico Rasch. Esa fuente también permite identificar características del alumno y la institución educativa, como el sexo e índice socioeconómico del alumno, la ubicación geográfica de la institución y el tipo de su gestión educativa. Cabe mencionar que se justifica usar aquí dicho índice, presentado en los resultados de las ECE, porque es construido minuciosamente considerando la complejidad de la heterogeneidad social (por ejemplo, diferencias culturales entre estratos poblacionales) y económica en el contexto educativo (Minedu, 2018).

Mientras que del Censo Escolar 2018 y 2019 se obtuvo información sobre la presencia de laboratorios de ciencias en las instituciones educativas, cuyo equipamiento permite el desarrollo del currículo de segundo de secundaria. Esos censos también proveen información completa y detallada respecto al acceso a servicios básicos, otras variables de infraestructura escolar, y a la cantidad de docentes por cada institución educativa. Mediante el uso del código modular de cada dato, se pudo identificar con precisión la institución educativa de los alumnos, los laboratorios implementados y las características de los docentes y la infraestructura escolar.

3.3 Estrategia empírica y supuestos de estimación

La especificación hecha aquí del impacto de la implementación de laboratorios de ciencias sobre el rendimiento académico de los alumnos durante el período 2018-2019 se basa en la ecuación propuesta por Hanushek (1979) y perfeccionada por Beltrán y Seinfeld (2011), cuya formulación considera la descomposición de los factores explicativos (descritos en el anexo 1), que permite evaluar la magnitud y dirección del efecto esperado. Con tal fin, se utilizan estimaciones de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) como base para las comparaciones entre los años seleccionados. Las regresiones se justifican siguiendo el enfoque de Yamada, Lavado y Montenegro (2015), quienes muestran las variables en su escala original para facilitar el análisis e interpretación de resultados.

Para verificar la hipótesis sobre la significancia de la presencia de laboratorios de ciencias en el rendimiento de los alumnos, se plantea la siguiente regresión con las variables sin interacciones para cada año:

$$\begin{aligned} \text{PuntajeCTA}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Lab}_i + \beta_2 \text{LabApt}_i + \beta_3 \text{Mujer}_i + \beta_4 \text{ISE}_i + \beta_5 \text{GES_DEP}_i \\ & + \beta_6 \text{Serv_Elec}_i + \beta_7 \text{Serv_Agu}_i + \beta_8 \text{Serv_Desa}_i \\ & + \beta_9 \text{DocenteAreaCTA}_i + \beta_{10} \text{Area}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Donde la variable PuntajeCTA_i representa las calificaciones obtenidas en la prueba de CTA y LabApt_i es una variable dicotómica que indica si la institución educativa cuenta o no con un laboratorio de ciencias implementado para el currículo de segundo de secundaria. La regresión incluye variables de control que representan características del alumno, su hogar e institución educativa. Por ejemplo, la variable GES_DEP_i es una *dummy* que toma el valor de 1 para escuelas públicas y 0 para las privadas. Se excluyen otros tipos de escuelas que representan aproximadamente el 5% restante de la matrícula. La variable binaria Area_i indica si la escuela se encuentra en una zona rural (1) o urbana (0). El índice socioeconómico ISE_i se utiliza para ajustar factores no medibles relacionados con las características del hogar del alumno y el tipo de escuela y aula donde estudia. Y la variable Mujer_i toma el valor 1 si el alumno es mujer y 0 si es hombre. También incluye la variable DocenteAreaCTA_i como una aproximación a la calidad del servicio educativo medida con la cantidad de docentes a cargo del área curricular de ciencia, tecnología y ambiente.

Además, dado que el impacto de los laboratorios depende de la capacidad de los docentes para usarlos y aprovechar cabalmente su aporte al proceso de enseñanza-aprendizaje, también se ha estimado la siguiente regresión:

$$\begin{aligned} \text{PuntajeCTA}_i = & \beta_0 + \beta_1 \text{Lab}_i + \beta_2 \text{LabApt}_i + \beta_3 \text{Mujer}_i + \beta_4 \text{ISE}_i + \beta_5 \text{GES_DEP}_i \\ & + \beta_6 \text{Serv_Elec}_i + \beta_7 \text{Serv_Agu}_i + \beta_8 \text{Serv_Desa}_i + \beta_9 \text{DocenteAreaCTA}_i \\ & + \beta_{10} \text{Area}_i + \beta_{11} \text{DocenteAreaCTA}_i * \text{LabApt}_i + \varepsilon_i \end{aligned}$$

Donde se agrega la interacción $\text{DocenteAreaCTA}_i * \text{LabApt}_i$, cuyo propósito es evaluar si existe una relación entre el capital físico representado por los laboratorios de ciencias y el capital humano de los docentes a cargo del área curricular de ciencia, tecnología y ambiente.

Adicionalmente, dadas las grandes disparidades entre regiones en términos de niveles de pobreza y acceso a servicios básicos, entre otros aspectos (INEI, 2022), también desagregamos la especificación inicial del modelo para realizar estimaciones separadas por año para cada uno de los ocho dominios geográficos establecidos según el INEI (2022), a fin de evaluar

los posibles efectos heterogéneos presentes según la ubicación geográfica de la institución educativa.

Los coeficientes de las regresiones mencionadas son estimados por MCO, debido a que se dispuso de información de corte transversal para cada uno de los dos años en que por primera vez se aplicó una prueba de CTA en segundo de secundaria, y a que son diferentes los alumnos que la rindieron en cada año. Ello implicó no disponer del panel de datos necesario para estimaciones con efectos fijos que controlen las características únicas de cada institución educativa a lo largo del tiempo, como las realizadas por Beltrán y Castro (2010).

Sin embargo, el presente estudio ha tomado las precauciones necesarias para que los coeficientes obtenidos por MCO sean insesgados y consistentes. Así, se ha velado por que los parámetros de la regresión lineal no presenten multicolinealidad perfecta, excluyendo variables como *Hombre_i* para evitar problemas de combinación lineal, y se ha realizado un análisis de colinealidad para depurar la relación existente entre las variables que componen el modelo. En vista de que un alumno no puede haber obtenido varias calificaciones en una prueba tomada una sola vez, se puede asumir que las variables son idéntica e independientemente distribuidas. También se ha considerado la exogeneidad condicional, incorporando variables de control relevantes para ajustar por factores no observables ocultos en el término de perturbación; pese a lo cual, en rigor, no se puede concluir que el efecto hallado es con certeza atribuible, sino probablemente atribuible.

Además, la robustez de los resultados aquí encontrados ha sido examinada mediante una combinación de pruebas pertinentes. Al respecto, realicé pruebas de significancia de los coeficientes en cada ecuación de regresión, aplicando pruebas t y F para evaluar si tales coeficientes son diferentes de cero. La especificación del modelo empírico estimado estuvo así basada en que cada una de las variables que la componen tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la variable dependiente, representada por el puntaje obtenido en la evaluación CTA. Adicionalmente, para el análisis de sensibilidad ante la inclusión/exclusión de variables, opté por considerar el coeficiente de determinación (R^2) ajustado. Este coeficiente se incrementa conforme se incluyen variables relevantes para la ecuación, es decir, las que sean capaces de explicar una gran parte de la variabilidad observada en la variable dependiente; lo que sugiere una buena solidez del modelo. Y, como antes dicho, realicé pruebas de multicolinealidad para verificar si no existe alta correlación entre las variables independientes que pueda afectar la precisión de los coeficientes estimados.

4. Análisis de resultados

4.1 Análisis a nivel nacional

La tabla 1 muestra los resultados de la regresión para cada año (2018 y 2019) en que se tomó la prueba de CTA como parte de la ECE a alumnos de segundo grado de secundaria, aplicada para conocer qué y cuánto están aprendiendo del respectivo currículo escolar (Minedu, 2022). La regresión evalúa el impacto de la variable laboratorios de ciencias implementados (es decir, contando con los materiales necesarios para el adecuado uso pedagógico del laboratorio en el desarrollo del currículo) sobre la variable puntaje obtenido por alumnos en la mencionada prueba de CTA.

En esa tabla se observa que contar con laboratorios de ciencias implementados tuvo un muy significativo (al 99% de confianza) efecto positivo en el puntaje obtenido en la prueba de CTA. Específicamente: los alumnos del segundo grado de secundaria que accedieron a un laboratorio de ciencias implementado en su escuela (para el desarrollo del currículo correspondiente) lograron obtener, en la prueba CTA, puntajes en promedio 5,81 y 6,53 mayores que los alumnos sin tal acceso, en los años 2018 y 2019 respectivamente. Incluso cuando la variable explicativa es la sola presencia de laboratorios de ciencias, sin considerar su estado o nivel de implementación, el efecto positivo y muy significativo persiste, aunque con una magnitud algo menor: 5,2 y 6,3 respectivamente. De modo que ambos resultados muestran que la existencia de dichos laboratorios está relacionada con mejores puntajes, como propuso Asencios (2016). En consecuencia, queda rechazada la hipótesis nula (H_0) de que no hay evidencia para concluir que existe asociación entre ambas variables, y se retiene la hipótesis alternativa (H_A) en línea con la de la presente investigación.

Respecto a las variables de control, resaltan los hechos de que, en promedio, los estudiantes cuyos colegios se encuentran en zonas rurales y cuya gestión es pública obtienen puntajes menores en la prueba; obtienen puntajes mayores los estudiantes cuyos hogares tienen mejores índices de nivel socioeconómico (ISE); y las mujeres obtienen calificaciones menores que los hombres. Sobre la incidencia del acceso a servicios básicos, se encuentran efectos positivos cuyas magnitudes varían según el servicio; salvo en el caso del acceso a agua potable para el año 2019, cuyo coeficiente positivo tiene un *p-value* bajo (0,52) y por ello es omitido en la especificación.

Y al analizar el aporte del docente, se encuentra que, en promedio, la calificación lograda por los alumnos se incrementa en 1,3 y 1,4 puntos (para

2018 y 2019 respectivamente) por cada docente adicional a cargo del rubro curricular de CTA.

Tabla 1
Efecto de la presencia e implementación de laboratorios de ciencias sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA)

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	5,814*** (0,514)	6,526*** (0,529)
Laboratorio de ciencias	5,171*** (0,542)	6,297*** (0,565)
Docente a cargo del area curricular de CTA	1,290*** (0,053)	1,433*** (0,057)
Acceso a servicio eléctrico	18,547*** (1,519)	22,173 *** (0,687)
Acceso a agua potable	4,522*** (0,909)	
Acceso a desagüe	4,503*** (0,880)	4,206*** (2,23)
Gestión educativa	-26,464*** (0,413)	-32,398*** (0,428)
Sexo	-6,232*** (0,275)	-8,870*** (0,286)
Área	-11,738*** (0,518)	-14,545*** (0,541)
Índice socioeconómico (ISE)	20,597*** (0,181)	21,653*** (0,187)
Constante	488,762*** (1,643)	495,804*** (2,744)
Observaciones	455 314	422 521
R-cuadrado	0,107	0,125
R-cuadrado ajustado	0,125	0,125

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01.
Elaboración propia, 2023.

Tabla 2
Efecto de la implementación de laboratorios de ciencias y de su uso por los docentes sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA)

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	8,934*** (0,332)	10,111*** (0,347)
Lab. ciencias implementado con docente del área curricular de CTA	0,756*** (0,064)	0,951*** (0,068)
Docente del área curricular de CTA	0,707*** (0,090)	0,520*** (0,083)
Acceso a servicio eléctrico	19,337*** (1,519)	23,184*** (1,326)
Acceso a agua potable	4,800*** (0,910)	
Acceso a desagüe	5,208*** (0,880)	4,263*** (2,318)
Gestión educativa	-24,995*** (0,407)	-30,624*** (0,419)
Sexo	-6,239*** (0,275)	-8,818*** (0,286)
Área	-13,122*** (0,514)	-16,308*** (0,532)
Índice socioeconómico (ISE)	21,003*** (0,180)	22,131*** (0,185)
Constante	488,600*** (1,644)	496,288*** (2,698)
Observaciones	455 314	422 521
R-cuadrado	0,106	0,124
R-cuadrado ajustado	0,124	0,124

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01.
Elaboración propia, 2023.

La especificidad del aporte docente de interés para el presente estudio se aclara con la ayuda de los resultados mostrados en la tabla 2, de una regresión similar pero que esta vez incluye la variable que captura la interacción entre la variable laboratorio de ciencias implementado y la variable cantidad de docentes a cargo del área curricular de CTA. El coeficiente estimado de dicha interacción indica, al 99% de confianza, que por cada aumento de una unidad en la cantidad de docentes del área curricular de CTA que utilizan el laboratorio de ciencias implementado, hay un incremento promedio en el puntaje obtenido por los alumnos en la prueba CTA de 0,73 puntos en 2018 y 0,95 puntos en 2019, adicionales al incremento promedio resultante del acceso a un laboratorio de ciencias implementado. Y los coeficientes asociados a las variables de control exhiben similitudes notables, en términos de sus signos, significancia y magnitudes, con los presentados en la tabla 1.

Por tanto, hay evidencia del efecto positivo de la interacción entre el acceso de los alumnos en su institución educativa a un laboratorio de ciencias implementado (es decir, con los equipos, materiales y servicios básicos adecuados para su correcto funcionamiento) y el aporte particular de los docentes a cargo del área curricular de CTA. Los resultados de la estimación permiten concluir que, cuando se da un uso adecuado de los laboratorios de ciencias, debido al conocimiento de esos docentes en la materia (aproximación del capital humano relevante) y a la disponibilidad de materiales necesarios para la enseñanza correcta del currículo escolar (cuya implementación es reportada en el Censo Escolar), crece la probabilidad de que los estudiantes mejoren sus habilidades académicas en general (Hodson, 1994) y obtengan mayores puntajes en la prueba CTA en particular.

4.2 Análisis según dominio geográfico

Costa norte

Los resultados en la primera tabla del anexo 2 (tabla A.2.1) muestran un efecto positivo y muy significativo (al 99% de confianza) del acceso a un laboratorio de ciencias implementado para la enseñanza del currículo escolar de segundo de secundaria sobre el puntaje obtenido en la prueba de CTA. El respectivo coeficiente se podría interpretar como el puntaje promedio adicional (6,8 puntos más para el año 2018 y 8,2 puntos más para el año 2019) que obtiene un alumno que cuenta con dicho acceso en comparación con un alumno que no lo tiene. No obstante, para las variables gestión educativa y sexo, se encuentra que los estudiantes de escuelas públicas (muchas en zonas rurales) y las estudiantes mujeres de la costa norte tienen menores puntajes en la eva-

luación. En cuanto al ISE, hay un significativo efecto positivo indicativo de que estudiantes cuyos hogares tienen un ISE más alto obtienen mejor puntaje en la prueba CTA.

Sierra centro

Los resultados en la tabla A.2.2 muestran un significativo efecto positivo del acceso a un laboratorio de ciencias implementado sobre el puntaje alcanzado en la prueba de CTA. También se observa que son significativos los coeficientes asociados a la variable explicativa docente a cargo del área curricular de CTA, y a los controles usados.

Selva

Los resultados en la tabla A.2.3 también muestran un muy significativo (al 99% de confianza) efecto positivo del acceso a laboratorios de ciencias implementados sobre el puntaje obtenido en la prueba de CTA. No obstante, para el año 2018 no es significativo el coeficiente de la variable docente a cargo del área curricular de CTA. Las variables de control sí reportan coeficientes significativos al 1%, aunque negativos en los casos de las variables sexo y gestión (pública) educativa.

Lima Metropolitana

Respecto a los distritos de las provincias de Lima y Callao, los resultados en la tabla A.2.4 muestran un muy significativo efecto positivo del acceso a laboratorios de ciencias implementados sobre el rendimiento académico en la prueba de CTA. Los estudiantes cuyas escuelas cuentan con esa infraestructura pedagógica obtuvieron en promedio 10,9 puntos más en la prueba de CTA que los alumnos de escuelas sin ella. Respecto a las variables de control, en promedio las mujeres obtienen calificaciones 3 puntos menores que las de los hombres en 2018. También resalta el hecho de que, en promedio, los estudiantes cuyos colegios se encuentran en zonas rurales y cuya gestión es pública obtienen menores puntajes en la evaluación. Mientras que niveles más altos de ISE están relacionados con mayores puntajes obtenidos en la prueba.

4.3 Limitaciones de la investigación

Esta investigación se ha valido del puntaje obtenido en la prueba de CTA (ciencia, tecnología y ambiente) para estimar el posible efecto de contar con un laboratorio de ciencias sobre el rendimiento académico escolar. Ello limita

el alcance temporal del efecto encontrado, porque los datos sobre ese puntaje solo están disponibles para los años 2018 y 2019, debido a que el Minedu no aplicó dicha prueba a alumnos del segundo grado de secundaria ni antes ni después de esos dos años.

Además, es preciso aclarar que la fuente de la variable dependiente, el puntaje obtenido en la prueba de CTA, solo representa una parte del aprendizaje previsto por el Currículo Nacional de la Educación Básica (CNEB). Y que la construcción de la variable explicativa de interés, los laboratorios de ciencias, no resulta de una asignación aleatoria al estilo de un experimento controlado; lo que ha exigido ser cautelosos y elegir variables exógenas que reduzcan la posible endogeneidad del modelo. En tal sentido, cabe mencionar que, si bien los reportes de las regresiones muestran un R^2 ajustado bajo, el propósito del presente estudio es hallar no los determinantes del rendimiento escolar en general, sino el probable efecto particular de la presencia de laboratorios de ciencias implementados en colegios. Y que, al formular y estimar las ecuaciones compuestas tanto por variables continuas como por variables binarias, se realizó un análisis de colinealidad para evaluar la relación existente entre ellas e interpretar correctamente los coeficientes.

También constituye una limitación el haber recurrido a la propuesta metodológica de Hanushek (1979), basada en una función de producción en el ámbito educativo. Esta opción responde a la necesidad de evaluar con razonable robustez el posible efecto del uso de laboratorios de ciencias en las calificaciones obtenidas por alumnos en la prueba de CTA. Sin embargo, se trata de una opción no exenta de cuestionamientos, tales como: (1) el enfoque de dicha función simplifica la compleja realidad del entorno educativo, reduciéndola a una relación *input-output* que no refleja la totalidad de factores y procesos involucrados en la dinámica educativa. El uso de esa función se centra en factores cuantificables, como, por ejemplo, las calificaciones en una prueba estandarizada como es la de CTA o la cantidad de docentes calificados para el área de ciencias, ignorando aspectos importantes pero difíciles de medir, como son las habilidades sociales, emocionales o creativas de alumnos y docentes, de cuya interacción depende la calidad del proceso de enseñanza-aprendizaje; (2) este tipo de enfoques pueden ser rígidos, no adaptables fácilmente a la cambiante dinámica en el entorno educativo ni a las necesidades específicas de estudiantes bajo diferentes contextos culturales, características socioeconómicas e individuales; y (3) ambos cuestionamientos obligan a ser muy cuidadosos al elegir las variables de interés y en el procesamientos de los datos, para reducir sesgos o inexactitudes a fin de dar solidez a las estimaciones.

Sin mengua de lo anterior, la metodología aquí empleada se adecúa al tipo de información cuantitativa disponible y, pese a las limitaciones antes señaladas, ha permitido responder a la pregunta de investigación. En particular, ha permitido concluir que la interacción entre laboratorios implementados (capital físico) y su uso calificado por docentes del área curricular de ciencias (capital humano) genera un impacto positivo sobre el rendimiento académico de alumnos cursando el segundo año de secundaria en colegios del Perú.

5. Conclusiones y recomendaciones

A fin de contribuir al conocimiento sobre el impacto académico de un componente de la infraestructura escolar, el presente estudio se ha realizado con el objetivo específico de evaluar el efecto de la existencia de laboratorios de ciencias en instituciones educativas escolares del Perú sobre el rendimiento académico de alumnos de segundo de secundaria, expresado en sus calificaciones obtenidas en la prueba de CTA (ciencia, tecnología y ambiente) que se aplicó en los años 2018 y 2019. Dicho objetivo se explica porque la literatura teórica y empírica consultada sugiere que el uso de laboratorios en la enseñanza de ciencias y tecnología permite motivar a los estudiantes y captar su interés antes, durante y después de las actividades prácticas; lo que mejora su aprendizaje de habilidades y conocimientos científicos (Guzmán, 2016; Barberá & Valdés, 1996). Además, como Hodson (1994) señala, la enseñanza de ciencias promueve diversos tipos de aprendizaje, incluido el resultante del trabajo en equipo a través de la experiencia en el laboratorio, que eventualmente incrementan el rendimiento académico.

Los resultados de nuestras estimaciones, basadas en datos del Censo Escolar y la ECE publicados por el Minedu, indican un impacto positivo muy significativo (al 99% de confianza) del contar con laboratorios de ciencias sobre el puntaje obtenido en la prueba de CTA, en 2018 y en 2019. También encuentran variaciones en dicho efecto según el sexo del estudiante, la gestión de la institución educativa (pública o privada) y la zona de ubicación de la institución educativa (urbana o rural). Y se profundizó al respecto con un análisis según la escala de dominio geográfico usada para recopilar los datos de la Enaho (INEI, 2022), cuyos resultados indican que en todos esos dominios se da, en mayor o menor grado, el mencionado efecto positivo y significativo una vez aplicados los controles socioeconómicos pertinentes. Además, nuestra estimación a nivel nacional de la interacción entre la dotación de laboratorios de ciencias (capital físico) y de docentes de esta área curricular que los usan (capital humano) muestra que esta interacción tiene un impacto positivo muy

significativo (al 99% de confianza) en el puntaje obtenido por alumnos de segundo de secundaria en la prueba de CTA.

Cabe enfatizar la importancia de haber considerado, como variable de interés en esas estimaciones, a los laboratorios de ciencia que se encontraban debidamente implementados según lo reportado en el Censo Escolar; es decir, contando con los insumos necesarios para la enseñanza del currículo escolar correspondiente al segundo grado de secundaria. Nuestros resultados indican que se incrementa la probabilidad de que los alumnos obtengan mayores calificaciones en la prueba de CTA cuando en su colegio cuentan con: (i) ese espacio de apoyo al aprendizaje práctico; (ii) una adecuada interacción de docentes a cargo del área curricular de ciencias (capital humano) con dicho espacio (capital) físico; y (iii) acceso a servicios infraestructurales básicos (agua y electricidad) necesarios para el funcionamiento del laboratorio, y por ello son considerados como variables de control en nuestras estimaciones.

Estos hallazgos son consistentes con lo planteado por Hodson (1990), quien indica que el trabajo práctico en el laboratorio es más atractivo para los alumnos y les reporta un mejor aprendizaje cuando es organizado y realizado involucrando una interacción fluida alumnos-profesor. Cuando se cuenta con laboratorios de ciencias e insumos correspondientes (materiales para la práctica, servicios infraestructurales básicos), y estos son utilizados correctamente por docentes especializados en el área curricular de ciencias, son mejores los resultados para los alumnos, en términos tanto del puntaje obtenido en pruebas estandarizadas como del aprendizaje de habilidades que facilitan la comprensión de conceptos abstractos en el rubro de las ciencias.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones utilicen datos de los censos escolares históricos para que puedan evaluar el impacto intertemporal de la inversión para instalar y equipar laboratorios de ciencias en instituciones educativas sobre el rendimiento académico de los alumnos. Y también se considera relevante que estudios posteriores complementen el presente estudio analizando aspectos cualitativos del proceso educativo, a fin de contribuir a una toma de decisiones más efectiva, sensible y equilibrada en materia de educación.

Referencias

- Arcia, G., Porta, E., & Laguna, J. (2004). *Análisis de los factores asociados con el rendimiento académico en 3.º y 6.º grados de primaria*. Prealc, Unicef, CARE-Nicaragua. <https://www.doccity.com/es/factores-asociados-con-el-aprendizaje/5459389/>

- Asencios, R. (2016). *Rendimiento escolar en el Perú: análisis secuencial de los resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes*. Documentos de Trabajo N.º 2016-05. Banco Central de Reserva del Perú. <https://www.bcrp.gob.pe/docs/.../documento-de-trabajo-05-2016.pdf>
- Barberá, O., & Valdés, P. (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias: una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), 365-379. <https://ddd.uab.cat/pub/edlc/.../02124521v14n3p365.pdf>
- Barrett, P., Treves, A., Shmis, T., Ambasz, D., & Ustinova, M. (2019). *The impact of school infrastructure on learning: A synthesis of the evidence*. International Development in Focus. World Bank. <https://hdl.handle.net/10986/30920>
- Beltrán, A., & Castro, J. F. (2010). *Modelos de datos de panel y variables dependientes limitadas: teoría y práctica*. Universidad del Pacífico. <https://hdl.handle.net/11354/2858>
- Beltrán, A., & Seinfeld, J. (2011). *Hacia una educación de calidad: la importancia de los recursos pedagógicos en el rendimiento escolar*. Documento de Discusión, DD/11/06. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/365>
- Beltrán, A., & Seinfeld, J. (2013). *La trampa educativa en el Perú: cuando la educación llega a muchos, pero sirve a pocos*. Universidad del Pacífico. <http://hdl.handle.net/11354/1419>
- Benavides, M. (2002). Para explicar las diferencias en el rendimiento en Matemáticas de cuarto grado en el Perú urbano: análisis de resultados en base a un modelo básico. En J. Rodríguez & S. Vargas (Eds.), *Análisis y resultados y metodología de las pruebas Greceer 1998* (pp. 93-107). Programa Mecep, Documento de Trabajo 13. Ministerio de Educación del Perú. <https://www.grade.org.pe/publicaciones/491>
- Campana, Y., Velasco, D., Aguirre, J., & Guerrero, E. (2014). *Inversión en infraestructura educativa: una aproximación a la medición de sus impactos a partir de la experiencia de los Colegios Emblemáticos*. Informe final, proyecto A2-PMN-PM-T10-07-2013. Consorcio de Investigación Económica y Social. <https://cies.org.pe/wp-content/.../07/20141002>
- Cardona, M., Montes, I., Vásquez, J., Villegas, M., & Brito, T. (2007). *Capital humano: una mirada desde la educación y la experiencia laboral*. Cuadernos de Investigación, 56. Universidad Eafit. <https://publicaciones.eafit.edu.co/.../cuadernos-investigacion/.../1287/1166>
- ComexPerú. (2021, 6 de abril). El 77% de los estudiantes de educación básica regular pertenecieron al sector público en 2020. *Semanario 1070*. Sociedad de Comercio Exterior del Perú. <https://www.comexperu.org.pe/publicaciones>
- Duarte, J., Gargiulo, C., & Moreno, M. (2011). *Infraestructura escolar y aprendizajes en la educación básica latinoamericana: un análisis a partir del Serce*. Notas Técnicas, IDB-TN-277. Banco Interamericano de Desarrollo, División de Educación. doi:10.18235/0010286
- Glewwe, P., & Miguel, E. (2008). The impact of child health and nutrition on education in less developed countries. En P. Schultz & J. Strauss (Eds.), *Handbook*

- of development economics*, vol. 4, cap. 56 (pp. 3561-3606). doi:10.1016/s1573-4471(07)04056-9
- Guzmán, N. (2016). *La utilidad del laboratorio de ciencias como un ambiente de aprendizaje en un contexto de resolución de problemas: un estudio particular sobre la concentración y temperatura que afectan la velocidad de una reacción química en la educación básica*. Universidad del Valle, Instituto de Educación y Pedagogía. <https://hdl.handle.net/10893/9487>
- Hanushek, E. (1979). Conceptual and empirical issues in the estimation of educational production functions. *Journal of Human Resources*, 14(3), 351-388. doi:10.2307/145575
- Harbinson, R., & Hanushek, E. (1992). *Educational performance of the poor: Lessons from rural northeast Brazil*. World Bank & Oxford University Press. <http://documents.worldbank.org/curated/en/310981468770471105>
- Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 71(256), 33-40. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:153551368>
- Hodson, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), 299-313. <https://ensciencias.uab.cat/article/view/v12-n3-hodson/2324>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28-54. doi:10.1002/sce.10106
- INEI. (2015). *Resultados de la Encuesta Nacional a Instituciones Educativas de Nivel Inicial, Primaria y Secundaria, 2014*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. https://www.inei.gov.pe/.../publicaciones_digitales/Est/Lib1257/libro.pdf
- INEI. (2022). *Perú: perfil de la pobreza por dominios geográficos, 2011-2021*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.gob.pe/.../inei/informes-publicaciones/3966540>
- Jacoby, E., Cueto, S., & Pollitt, E. (1999). Determinants of school performance among quechua children in the Peruvian Andes. *International Review of Education*, 45(1), 27-43. doi:10.1023/A:1003521804362
- Keys, W. (1987). *Aspects of science education in English schools*. Windsor: NFER – Nelson Publisher. <https://searchworks-lb.stanford.edu/.../1676746>
- López, A., & Tamayo, Ó. (2012). Las prácticas de laboratorio en la enseñanza de las Ciencias Naturales. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos*, 8(1), 145-166. Universidad de Caldas. <https://revistasoj.s.ucaldas.edu.co/.../latinoamericana/articulo/.../5036>
- Lunetta, V. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and contexts for contemporary teaching. En B. J. Frase & K. G. Tobin (Eds.), *International handbook of science education* (pp. 249-264). Kluwer Academic Publishers. doi:10.1007/978-94-011-4940-2_16
- Minedu. (2016). *Por una educación con dignidad. Inversión en infraestructura educativa 2011-2016*. Ministerio de Educación. Lima. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/5457>

- Minedu. (2017a). *¿Cómo se relaciona la infraestructura de la escuela con los aprendizajes de los estudiantes?* Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes. Ministerio de Educación. http://umc.minedu.gob.pe/.../uploads/2017/05/VF_zoomeducativo_3.pdf
- Minedu. (2017b). *Informe de resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes 2007-2015*. Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes. Ministerio de Educación. http://umc.minedu.gob.pe/.../uploads/2017/07/Informe-final_ECE-2007-2015-vfinal.pdf
- Minedu. (2018). *Reporte técnico de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) 2016. Segundo grado y cuarto grado de primaria (EBR y EIB), y segundo grado de secundaria*. Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes. Ministerio de Educación. <http://umc.minedu.gob.pe/.../uploads/2018/03/Reporte-Tecnico-ECE-2016.pdf>
- Minedu. (2020). *¿Qué aprendizajes logran nuestros estudiantes? Resultados de las evaluaciones nacionales de logros de aprendizaje 2019*. Reporte nacional. Oficina de Medición de la Calidad de los Aprendizajes. Ministerio de Educación. <http://umc.minedu.gob.pe/.../uploads/2020/06/Reporte-Nacional-2019.pdf>
- Minedu. (2022). *Disposiciones para la prestación del servicio educativo durante el año escolar 2022 en instituciones y programas educativos de la Educación Básica, ubicados en los ámbitos urbano y rural*. Norma técnica. Dirección General de Educación Básica Regular. Ministerio de Educación. <https://hdl.handle.net/20.500.12799/8673>
- Pritchett, L., & Filmer, D. (1999). What education production functions *really* show: A positive theory of education expenditures. *Economics of Education Review*, 18(2), 223-239. doi:10.1016/s0272-7757(98)00034-x
- Vélez, E., Schifeldin, E., & Valenzuela, J. (1994). Factores que afectan el rendimiento académico en la educación primaria. *Revista Latinoamericana de Innovaciones Educativas*, 17. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:181185409>
- Yamada, G., Lavado, P., & Montenegro, G. (2015). *El efecto de One Laptop per Child en las prácticas de enseñanza y en la distribución del tiempo en el hogar*. Documento de Discusión, DD1515. Centro de Investigación de la Universidad del Pacífico. <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/1094>

Anexo 1. Detalle de los factores explicativos y variables empleadas

Insumos escolares: $\sum \beta_{Qit} Q_{it}$; $\sum \beta_{Iit} I_{it}$

Características del docente: $DocentesAreaCTA_i$

Gestión administrativa de la institución educativa: GES_DEP_{it}

Infraestructura educativa: Lab_{it} ; $LabApt_{it}$; $Serv_Elec_{it}$; $Serv_Agua_{it}$; $Serv_Desa_{it}$

Características de la institución educativa: $Area_{it}$; $DominioGeo_{it}$

Insumos familiares: $\sum \beta_{H_{it}} H_{it}$

Características del hogar: ISE_{it}

Contribución del alumno: $\sum \beta_{C_{it}} C_{it}$

Características propias del alumno: $Mujer_{it}$

Fuente: Hanushek (1979). Elaboración propia, 2023.

Anexo 2. Tablas de análisis a nivel nacional según dominio geográfico

Tabla A.2.1

Efecto de la presencia de laboratorios de ciencias implementados sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA) en la costa norte

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	6,801*** (0,760)	8,184*** (0,767)
Docente del área curricular de CTA	2,122*** (0,164)	1,803*** (0,165)
Gestión educativa	-24,113*** (1,034)	-30,017*** (1,058)
Sexo	-4,510*** (0,689)	-7,642*** (0,726)
Índice socioeconómico (ISE)	16,239*** (0,450)	16,324*** (0,464)
Constante	515,956*** (0,909)	520,322*** (0,952)
Observaciones	70 463	63 767
R-cuadrado	0,056	0,066
R-cuadrado ajustado	0,0664	0,0664

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$.

Fuente: Ministerio de Educación. Elaboración propia, 2023.

Tabla A.2.2

Efecto de la presencia de laboratorios de ciencias implementados sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA) en la sierra centro

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	7,792*** (0,844)	8,759*** (0,905)
Docente del área curricular de CTA	1,053*** (0,113)	2,230*** (0,230)
Gestión educativa	-24,772*** (1,481)	-30,590*** (1,565)
Sexo	-8,316*** (0,778)	-11,795*** (0,832)
Índice socioeconómico (ISE)	28,881*** (0,493)	29,435*** (0,537)
Constante	517,252*** (1,305)	522,818*** (1,385)
Observaciones	53 894	46 842
R-cuadrado	0,122	0,134
R-cuadrado ajustado	0,134	0,134

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01.

Fuente: Ministerio de Educación. Elaboración propia, 2023.

Tabla A.2.3
Efecto de la presencia de laboratorios de ciencias implementados sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA) en la selva

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	9,626*** (0,793)	14,610*** (0,826)
Docente del área curricular de CTA	-0,099*** (0,132)	0,542*** (0,143)
Gestión educativa	-23,339*** (1,966)	-35,971*** (1,887)
Sexo	-6,340*** (0,742)	-7,864*** (0,776)
Índice socioeconómico (ISE)	21,853*** (0,459)	22,856*** (0,484)
Constante	508,155*** (1,872)	513,439*** (1,769)
Observaciones	63 129	62 753
R-cuadrado	0,065	0,080
R-cuadrado ajustado	0,0800	0,0800

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** $p < 0,01$.

Fuente: Ministerio de Educación. Elaboración propia, 2023.

Tabla A.2.4
Efecto de la presencia de laboratorios de ciencias implementados sobre el puntaje obtenido en la prueba de ciencia, tecnología y ambiente (CTA) en Lima Metropolitana

VARIABLES	Puntaje CTA 2018	Puntaje CTA 2019
Lab. ciencias implementado	10,932*** (0,607)	10,746*** (0,616)
Docente del área curricular de CTA	3,132*** (0,116)	1,991*** (0,099)
Gestión educativa	-31,475*** (0,647)	-33,798*** (0,656)
Sexo	-3,098*** (0,518)	-7,418*** (0,531)
Índice socioeconómico (ISE)	16,794*** (0,424)	17,221 *** (0,426)
Constante	517,482*** (0,676)	527,274*** (0,675)
Observaciones	130 837	121 883
R-cuadrado	0,053	0,061
R-cuadrado ajustado	0,0608	0,0608

Notas. Errores estándar robustos entre paréntesis. *** p<0,01.

Fuente: Ministerio de Educación. Elaboración propia, 2023.