
Condiciones físico-ambientales en las aulas y desempeño escolar en Colombia

Physical-environmental conditions in classrooms and academic performance in Colombia

MARTHA YÁNEZ CONTRERAS

Departamento de Economía
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Cartagena
Avda. del Consulado, calle 30 # 48 -152, Sede Piedra de Bolívar, Cartagena de Indias (Colombia)
myanezc@unicartagena.edu.co
<https://orcid.org/0000-0003-0559-5835>

KARINA ACEVEDO GONZÁLEZ

Departamento de Economía
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de Cartagena
Avda. del Consulado, calle 30 # 48 -152, Sede Piedra de Bolívar, Cartagena de Indias (Colombia)
kacegog@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0003-2220-1332>

BORIS JOHNSON-RESTREPO

Departamento de Química
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Universidad de Cartagena
Cra. 50 #24 - 120, Zaragocilla, Cartagena de Indias (Colombia)
bjohnsonr@unicartagena.edu.co
<https://orcid.org/0000-0002-6667-808X>

Financiación: este trabajo fue desarrollado por el Grupo de Investigación de Economía y Gestión del Medio Ambiente con recursos de la Universidad de Cartagena (Colombia).

CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Yánez Contreras, M., Johnson-Restrepo, B. y Acevedo González, K. (2023). Condiciones físico-ambientales en las aulas y desempeño escolar en Colombia. *Estudios sobre Educación*, 45, 187-215. DOI: <https://doi.org/10.15581/004.45.009>

Resumen: Junto a la necesidad de explorar aquellos factores que inciden en el desempeño escolar, y más allá de los condicionantes regularmente evaluados, esta investigación analiza dos variables de contexto muy poco estudiadas y con resultados inconclusos: las condiciones de iluminación y temperatura en las escuelas. Para ese fin, y con el objetivo de medir la incidencia en competencias matemáticas, hace uso de modelos multinivel y de los resultados en el Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA) 2012. Una vez se controla por las características de los estudiantes y las escuelas, así como por los procesos educativos, se encuentra que el puntaje promedio es 15 puntos inferior, y la probabilidad de obtener un desempeño por debajo del nivel básico es un 10% mayor, para los estudiantes en escuelas con inadecuadas condiciones físico-ambientales. Asimismo, esas condiciones reducen el efecto que tienen las prácticas docentes, el ambiente disciplinario y la jornada escolar sobre el aprendizaje.

Palabras clave: Desempeño escolar, Iluminación, Infraestructura educativa, Procesos educativos, Temperatura.

Abstract: Motivated by the need to explore factors related to academic performance beyond those regularly examined, this research analyzes two context variables that have been overlooked and offer inconclusive findings so far: lighting and temperature conditions at schools. To reach this goal, this research uses multilevel models and the OECD's Programme for International Student Assessment (PISA) of 2012 to measure the incidence on mathematics outcomes. Once accounted by characteristics of students and schools, as well as educational processes, it is found that the average score is 15 points lower and the probability of achieving below the basic level of performance is 10 percent higher for students in schools with inadequate temperature and lighting conditions. Likewise, those conditions reduce the effect that teaching practices, disciplinary environment and school day have on learning.

Keywords: Academic Performance, Lighting, Educational Infrastructure, Educational Processes, Temperature.

INTRODUCCIÓN

La educación es el motor de desarrollo de cualquier país, ya que con ella el individuo alcanza las competencias básicas para desenvolverse en la sociedad. Asimismo, las habilidades adquiridas en la escuela posibilitan la movilidad social y la reducción de la desigualdad al permitir a los individuos mejores empleos y salarios en su vida productiva. En este sentido, es necesario mejorar la eficacia y la efectividad de las políticas públicas educativas para que la educación logre ser un motor de crecimiento inclusivo y de cohesión social, y con incidencia positiva de desarrollo a largo plazo (OECD, 2016).

En Colombia, a pesar de que el acceso a la educación preescolar y terciaria se ha duplicado en los últimos 20 años, existe una gran brecha en calidad educativa con respecto a economías más avanzadas. Según los resultados del Programa Internacional para la Evaluación de Alumnos (PISA), el 66% de los colombianos no alcanzan el nivel básico de desempeño en competencias matemáticas, y solo el 0,3 por ciento alcanza un nivel avanzado. Esto contrasta con los resultados educativos de los países de la OECD, en los cuales el porcentaje de estudiantes que no alcanzan el nivel básico es tres veces menor, mientras que el 11% se encuentran en el

nivel avanzado. En general, el rezago en aprendizaje con respecto a la OECD es equivalente a tres años de educación (OECD, 2014).

En consecuencia, el mayor reto al que se debe enfrentar el sistema educativo colombiano, junto al logro de la escolarización efectiva de todos los niños y niñas, es incrementar sus niveles de calidad y de equidad, lo cual hace necesaria la comprensión más profunda de los factores asociados al desempeño escolar. En general, en el país se ha encontrado una correlación positiva entre las características socioeconómicas de los estudiantes y el desempeño académico; sin embargo, su poder explicativo no dista del que tiene en los países de la OECD.

Lo anterior lleva a plantear la necesidad de explorar otros factores, más allá de los condicionantes regularmente evaluados: características socioeconómicas de los estudiantes y sus familias, educación de los docentes, prácticas docentes, jornada educativa, tamaño de clase. En esta investigación se intenta abordar uno de los factores menos estudiados y con resultados inconclusos: las condiciones físico-ambientales de las escuelas, en particular, la iluminación y temperatura. Al focalizarse en el efecto que presentan las condiciones de las aulas sobre el rendimiento académico, este trabajo se enmarca en una versión contemporánea del concepto de enseñanza eficaz, que incorpora una visión más amplia del aprendizaje de los estudiantes en la que se analizan otras variables que influyen sobre su desempeño, como las condiciones de iluminación y temperatura. Así, para su desarrollo se acogió el concepto de enseñanza eficaz que incorpora una “visión multidimensional del estudiante, el aula, la escuela y el entorno como un todo relacionado que responde a un único fin...” (Martínez-Garrido, 2015, p. 33).

La literatura sobre este tema considera que las condiciones físico-ambientales de las escuelas no solo modifican el estado de ánimo y la disposición de aprender de los estudiantes, sino que también la percepción de los docentes sobre estas condiciones afecta a su disposición a enseñar. En particular, se ha encontrado evidencia de que una temperatura fresca mantiene a los estudiantes más alerta, mientras que una temperatura muy calurosa causa somnolencia y falta de atención; asimismo, los estudiantes expuestos una mayor cantidad de tiempo a luz del día o con ventanas más grandes progresan más rápido en competencias matemáticas y lenguaje (Barret *et al.*, 2012; Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy, 2015).

El objetivo de identificar la asociación de las condiciones físico-ambientales y el desempeño académico en Colombia se hace a partir del análisis de las pruebas PISA, pruebas estandarizadas internacionales que se realizan cada tres años y permiten medir el nivel y el progreso de los sistemas educativos del mundo. Además, constituyen un invaluable material para analizar determinantes del aprendizaje, ya que indagan sobre un importante número de factores asociados. A pesar de que

Colombia participa en estas evaluaciones desde 2006, y de que también participó en el año 2015, esta investigación solo analiza PISA 2012, porque para dicha ronda se desagregaron las variables sobre infraestructura escolar. Para la recolección de esas variables, PISA 2012 incluyó un cuestionario dirigido a los rectores de las escuelas en el que estos reportaban la escasez de condiciones en el establecimiento según una valoración de cuatro puntos. Las condiciones de infraestructura física que se valoraron fueron: edificación y terrenos, iluminación y temperatura, y espacios de instrucción (OECD, 2014). Por estas características, los datos no corresponden a una medición sobre el terreno de las condiciones físicas de los edificios escolares.

La estrategia empírica que se ha utilizado es la estimación de modelos multinivel. La especificación de este modelo permite controlar por la no independencia de los individuos debido a que es plausible que los estudiantes de una misma escuela tengan características muy similares entre sí. Además, los modelos multinivel permiten identificar la contribución de cada nivel (características individuales y escuelas) en el aprendizaje, así como controlar mediante efectos fijos otras condiciones físico-ambientales no observables de las escuelas y su entorno, como la ventilación y la acústica.

El análisis de las condiciones físico-ambientales en las aulas adquiere más relevancia si se considera que las temperaturas en el mundo y en el país han aumentado en los últimos años, y se espera que dicho fenómeno se haga más crítico en el futuro cercano. Dado que las condiciones de temperatura, al igual que la iluminación, tienen el potencial de afectar a la disposición a aprender y enseñar, son necesarios más estudios que sirvan como insumos para el diseño de escuelas que provean condiciones mínimas de confort a sus estudiantes.

Revisión de la literatura

El estudio de los factores asociados al aprendizaje escolar ha sido uno de los campos de estudio con mayor desarrollo en la literatura científica reciente en educación, como resultado del interés por conocer cuáles son las variables que inciden en los procesos de enseñanza. Así pues, la literatura destaca como principales factores asociados al desempeño académico las características socioeconómicas de los estudiantes y sus familias, la educación de los docentes, las prácticas docentes, el entorno escolar y los recursos de las escuelas (Cornejo y Redondo, 2007; Duarte *et al.*, 2011; González Barbera *et al.*, 2012; Murillo *et al.*, 2007; PIRLS, 2013).

Entre los factores asociados al desempeño escolar, diversos autores evidencian la existencia de una relación mixta y no concluyente con la infraestructura y la disponibilidad de recursos educativos de las escuelas, argumentando que los factores

con mayor incidencia se relacionan con procesos educativos como las prácticas docentes y los ambientes escolares. No obstante, algunos autores encuentran evidencia de que las condiciones de las instalaciones educativas, específicamente aquellas relacionadas con el confort humano, tienen incidencia en el logro estudiantil (Barrett *et al.*, 2012; CELE-OECD, 2009; Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy, 2015; Heschong, 1999; Kim *et al.*, 2014; Krüger y Zannin, 2004).

Dentro de las condiciones físico-ambientales consideradas en la literatura se encuentran la temperatura, el sonido y la iluminación. Con respecto a la iluminación, un estudio desarrollado por *Heschong Mahone Group for Pacific Gas and Electric* encontró que los estudiantes de escuelas primarias expuestos una mayor cantidad de tiempo a luz del día, en un año progresaron un 20% más rápido en matemáticas y un 26% en lectura. Asimismo, los estudiantes con ventanas más grandes progresaron un 15% más rápido en matemáticas y un 23% en lectura que aquellos con ventanas más pequeñas. Los estudiantes en aulas con sistemas para controlar la luz en el interior mejoraron entre un 19% y 20%, respectivamente (Heschong, 1999).

En contraste, el estudio de Bower y Urick (2011) muestra que el mal estado de la infraestructura educativa no tuvo un efecto directo sobre el desempeño en matemáticas, mientras que Hernández Barreda y Gómez Amador (2007) encontraron resultados contradictorios: durante la temporada en la que se presentaron las condiciones más extremas o cálidas, los estudiantes tuvieron un mejor aprovechamiento escolar. Cabe destacar que para esta última investigación solo se seleccionaron seis aulas, lo que no constituye una muestra robusta para obtener conclusiones generales.

Estos resultados de la investigación científica, en ocasiones inconclusos o contradictorios, han justificado que los gobiernos nacionales tomen decisiones mal informadas, lo cual contribuye a la disminución de la efectividad de las políticas educativas (Hanushek, 2003, 2006; Hanushek y Luque, 2003; Murillo y Román, 2011; Treviño *et al.*, 2010). Así pues, este debate no es una mera quimera intelectual, ya que asumir una u otra opción tiene consecuencias muy claras y directas sobre el sistema educativo y su planificación (Murillo *et al.*, 2016).

En general, e indistintamente del área que se analice, los resultados obtenidos en países desarrollados tienden a mostrar una baja relación entre los recursos físicos y el desempeño académico, mientras que los estudios realizados en países más pobres apuntan a una relación más clara y fuerte (Heyneman, 1976; Murillo *et al.*, 2016). Los principales hallazgos en América Latina y el Caribe, y en especial en Colombia, muestran que las escuelas se enfrentan cotidianamente al desafío de mejorar los aprendizajes en un contexto de desigualdad socioeconómica y cultural (Treviño *et al.*, 2010). Además, los establecimientos educativos en estos países

presentan severas carencias de infraestructura y servicios básicos, con alta heterogeneidad entre zona urbana-zona rural y colegios públicos-colegios privados, junto con brechas significativas y diferencias en la disponibilidad de recursos en el aula (Murillo *et al.*, 2016; OECD, 2016; Valdés *et al.*, 2008).

METODOLOGÍA

Datos

El análisis de la asociación entre las condiciones físico-ambientales y el desempeño académico de los estudiantes colombianos hace uso de PISA, que se aplica a los estudiantes de 15 años, sin considerar el grado, en 73 economías del mundo¹. El objetivo de PISA es medir la capacidad de los estudiantes de aplicar a situaciones reales el conocimiento adquirido en las escuelas. Estas pruebas se llevan a cabo de manera ininterrumpida cada 3 años desde el 2000; Colombia ha participado desde el año 2006. Una particularidad de la evaluación es que indaga por factores asociados al aprendizaje a partir de cuestionarios a los rectores, estudiantes, docentes y padres de familia. En Colombia se han aplicado cuestionarios a rectores y estudiantes, y, desde el año 2015, también a los docentes. Asimismo, estos factores asociados ponen el énfasis cada año en una asignatura en particular. En el año 2009, el énfasis fue lenguaje, en 2012 matemáticas y en 2015 ciencias.

El cuestionario aplicado a los rectores en el año 2012 permite diferenciar diversos atributos de la infraestructura escolar, como las condiciones de iluminación y temperatura, ambas agrupadas en una sola variable categórica. En particular, se pregunta a los rectores por el grado en el que las condiciones de iluminación y temperatura limitan la capacidad de la escuela para proveer instrucción. Las cuatro opciones de respuestas incluyen: 1- No en absoluto, 2- Muy poco, 3- Hasta cierto punto, 4- Mucho. Asimismo, se les preguntó por otras variables, como escasez de equipos de laboratorio, material de instrucción (libros), espacios para el aprendizaje o edificios y terrenos.

El número de estudiantes participantes en PISA 2012 en Colombia fue de 9.073, de los cuales 7.184, es decir, el 79,3%, asistían a escuelas públicas. En total, 351 escuelas formaron parte de la muestra en PISA, de las cuales 269 eran públicas. El análisis de los datos permite expandir la muestra para hacer representativos los resultados para el total de jóvenes de 15 años y corregir por los datos perdidos, que es un problema latente en esta evaluación.

1. Corresponde al número de economías participantes en el año 2015.

MÉTODO

Por otro lado, la estrategia empírica se apoya en los modelos multinivel, ampliamente usados en la literatura en educación (Murillo, 2008) y especialmente en investigaciones que analizan PISA (Adams *et al.*, 2013), lo cual es posible por la estructura jerarquizada de su base de datos (OECD, 2014). La característica que hace atrayente el enfoque de modelos multinivel es que su especificación permite controlar por la no independencia de los individuos², debido a que es plausible que los estudiantes de una misma escuela tengan características muy similares entre sí. En este sentido, considerar observaciones en diferentes niveles respeta su articulación anidada y posibilita una aproximación más precisa a la influencia de las condiciones físico-ambientales sobre el rendimiento escolar (Murillo *et al.*, 2007; Murillo y Román, 2011; Murillo *et al.*, 2016).

Una primera aproximación interesante al análisis es examinar la contribución de cada nivel en la variable de resultados. En esta investigación, el primer nivel corresponde a los estudiantes y el segundo, a las escuelas. Para ello, se emplearon modelos multinivel cuyo efecto fijo permite controlar por el efecto de características específicas de los estudiantes y escuelas no disponibles en esta investigación. Esto es especialmente importante en este estudio dada la heterogeneidad de condiciones físico-ambientales de las escuelas y la no inclusión de variables que pueden correlacionarse con la temperatura y la iluminación, como la ventilación o acústica (Murillo, 2008).

Variables

Es importante señalar que, para cada asignatura, PISA proporciona cinco valores plausibles por cada estudiante. La ventaja que ofrece el uso de los valores plausibles es que la media para cada estudiante es un estimador insesgado de su puntaje (PIRLS, 2013). Esta estructura se considera en las estimaciones multinivel a partir del comando *pv* en Stata. Por otro lado, aunque el desarrollo de los modelos multinivel se realizó para el puntaje promedio, también se analizó la distribución de estudiantes por niveles de desempeño. Esto se realiza a partir de la estimación de modelos *logit* multinivel para la probabilidad de que un estudiante no alcance el nivel básico de desempeño, que es equivalente a un puntaje menor de 420 puntos en matemáticas.

2. Uno de los supuestos básicos en los modelos de regresión por mínimos cuadrados ordinarios es el supuesto de independencia en las observaciones.

La inclusión de variables de control se realizó teniendo en cuenta los dos niveles establecidos previamente, considerando los factores asociados al desempeño de los estudiantes resaltados por la literatura científica nacional e internacional a nivel de estudiante y escuela, así como por la disponibilidad de información en los datos recopilados por PISA. Estos incluyen características socioeconómicas de los estudiantes, escuelas, procesos de enseñanza, gestión administrativa, tiempo en las aulas y variables de infraestructura educativa (Tabla 1).

Tabla 1. Variables del modelo

TIPO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Producto	Desempeño académico	Puntajes en matemáticas
		Proporción de estudiantes por debajo del nivel básico
Características de los estudiantes	Sexo del estudiante	D= 1 Mujer, 0 Hombre
	Edad del estudiante	Número de años cumplidos del estudiante
	Grado	El grado del estudiante es estandarizado por la OECD de manera que el grado para la edad de 15 años es cero
	Repetencia	D= 1 Estudiantes que han repetido algún grado; 0= de lo contrario
	Nivel socioeconómico del estudiante	Nivel socioeconómico del estudiante. Construido por la OECD a partir de diversos ítems que incluyen activos en el hogar, nivel educativo y ocupación de los padres
Características de las escuelas	Nivel socioeconómico promedio del colegio	Nivel socioeconómico promedio de los estudiantes de un colegio. Mide efecto de pares
	Ubicación del colegio	D=1 Rural; 0=Urbano
	Financiación del gobierno	Porcentaje de ingresos que provienen del gobierno
	Naturaleza del colegio	D=1 Pública; 0=Privada
Procesos de aprendizaje	Prácticas docentes	Índice construido por los autores con los ítems con mayor asociación con resultados en matemáticas (ver anexo A1)
	Ambiente disciplinario	Índice construido por los autores con los ítems con mayor asociación con resultados en matemáticas (ver anexo A1)
Insumos de las escuelas	Tiempo escolar destinado a matemáticas	Minutos a la semana en clases de matemáticas
	Tamaño de la clase	Número promedio de estudiantes por clase
	Razón estudiante-docente	Número de estudiantes por docente
	Cualificación docente	Porcentaje de docentes con educación de maestría o mayor

[CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE]

Tabla 1. Variables del modelo

TIPO	VARIABLE	DESCRIPCIÓN
Autonomía administrativa	Responsabilidad por currículo	Calculado por la OECD a partir de cuatro aspectos del currículo y la evaluación: Establecer políticas de evaluación del estudiante, Elegir qué libros de texto se usan, Determinar el contenido del curso y Decidir qué cursos se ofrecen ³
	Responsabilidad por asignación de recursos	Se consideran dicotómicas si las escuelas los docentes, rectores o el cuerpo directivo tienen responsabilidad sobre la formulación, por un lado, y la ejecución del presupuesto, por otro.
Padres	Presión de los padres por rendimiento académico	Dicotómica si la mayoría de los padres o acudientes ejercen presión por rendimiento académico
Condiciones de la infraestructura	Escasez de materiales de instrucción	D= 1 si el rector reportó que la escasez en dichos aspectos de infraestructura afecta el rendimiento escolar “en cierto grado” o “mucho”; 0= si reportó que afecta el rendimiento “muy poco” o “nulo”
	Escasez de equipos de laboratorio	
	Escasez de espacios de instrucción	
	Escasez de edificios y terrenos	
	Escasez de adecuada temperatura e iluminación	

Las variables sobre las condiciones de infraestructura y las variables de prácticas docentes son autorreportadas, por lo cual dependen de la valoración subjetiva del encuestado, en este caso, los rectores de los centros o quien haga sus veces. Para robustecer su análisis e interpretación, las variables categóricas de cuatro opciones se transformaron a dicotómicas, en donde la variable toma el valor de 1 si se reportó que la escasez de condiciones de infraestructura afecta al rendimiento escolar al menos en cierto grado, situación a estudiar, y 0 en caso contrario. Un análisis especial se realizó para las variables de prácticas docentes y ambientes disciplinares, que se detallan en el anexo A1. En general, se reconstruyen los índices concernientes a estas variables debido a que prácticas combinadas entre el paradigma tradicional y constructivista producen mejores resultados que desarrollar un solo paradigma, ya que no se encontraron significativos individualmente, aunque sí es posible identificar prácticas específicas con incidencia en el rendimiento escolar.

3. El índice, ya construido por la OECD, se calcula sobre la base de la proporción de respuestas “sí” para el consejo directivo de la escuela, el rector o los docentes, por un lado, y las respuestas “sí” para la autoridad educativa regional / local o la autoridad educativa nacional, por otro.

*Resultados empíricos*Análisis exploratorio de las condiciones de iluminación
y temperatura en Colombia

En Colombia, las condiciones de iluminación y temperatura tienen una calidad similar que el promedio de la región, pero duplican a la OECD (Tabla 2). En general, inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura en la región se originan en el marco de escuelas con escasez de edificios y de espacios de instrucción como aulas educativas, lo que puede ser consecuencia de una desbordada capacidad para atender la demanda educativa (Tabla 3). En Colombia, estas escuelas no necesariamente obtienen peores resultados ni son las menos proactivas. De hecho, es posible que las mejores escuelas sean las más afectadas porque los padres pueden estar motivados a llevar a sus hijos a dichos planteles si son los mejores. Además, hay incentivo de las escuelas a aceptarlos porque el esquema de financiación por estudiante garantiza más recursos a medida que aumenta el número de estudiantes.

Tabla 2. Colombia y comparadores. Porcentaje de escuelas en las que la instrucción está obstaculizada por la carencia de infraestructura según tipo, 2012

	EQUIPOS DE LABORATORIO	MATERIALES EDUCATIVOS	COMPUTADOR PARA INSTRUCCIÓN	INTERNET	EDIFICIOS Y TERRENOS	ESPACIOS EDUCATIVOS	ILUMINACIÓN, TEMPERATURA
OECD	45	24	38	29	34	31	27
World	58	30	50	43	40	32	40
Uruguay	23	32	26	29	49	45	43
Perú	80	63	62	66	58	44	48
Costa Rica	76	53	57	56	45	49	51
México	74	47	67	65	46	45	51
Colombia	75	70	66	72	69	56	54
LAC	73	35	60	60	51	40	55
Argentina	66	45	56	60	51	48	56
Brasil	74	20	58	57	54	34	58
Chile	62	31	41	44	40	32	59

Fuente: elaboración propia a partir de PISA 2012.

Nota: se considera que la instrucción se encuentra obstaculizada si los rectores manifestaron que eso ocurre en cierto grado o mucho.

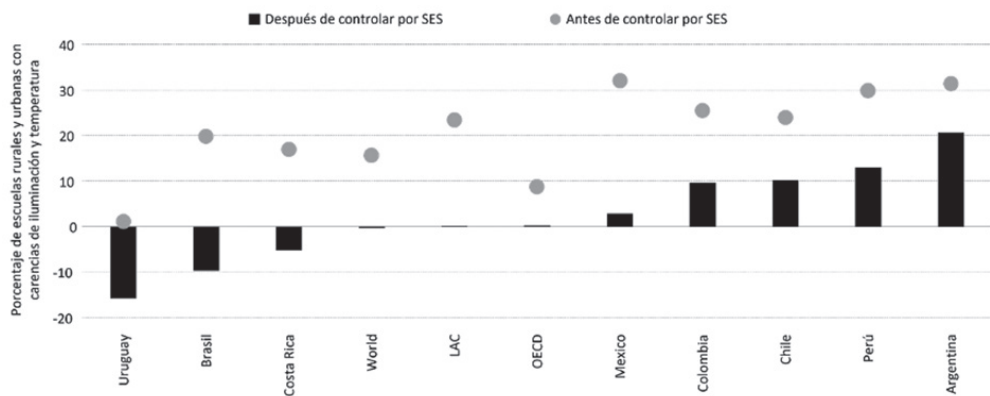
Tabla 3. Correlaciones entre inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura, y otros tipos de carencias de recursos e infraestructura

	EQUIPOS DE LABORATORIO	MATERIALES EDUCATIVOS	COMPUTADOR PARA INSTRUCCIÓN	INTERNET	EDIFICIOS Y TERRENOS	ESPACIOS EDUCATIVOS
Argentina	0,17	0,13	0,05	0,26	0,46	0,50
Brasil	0,43	0,15	0,40	0,35	0,53	0,45
Chile	0,36	0,25	0,20	0,23	0,37	0,34
Colombia	0,33	0,49	0,30	0,48	0,57	0,51
Costa Rica	0,33	0,48	0,55	0,47	0,46	0,58
México	0,37	0,31	0,46	0,48	0,39	0,44
Perú	0,42	0,41	0,45	0,35	0,64	0,46
Uruguay	0,03	-0,02	0,20	0,04	0,53	0,50
LAC	0,37	0,22	0,36	0,38	0,49	0,44
OECD	0,28	0,26	0,28	0,36	0,38	0,42
World	0,36	0,28	0,34	0,38	0,41	0,40

Fuente: elaboración propia a partir de PISA 2012.

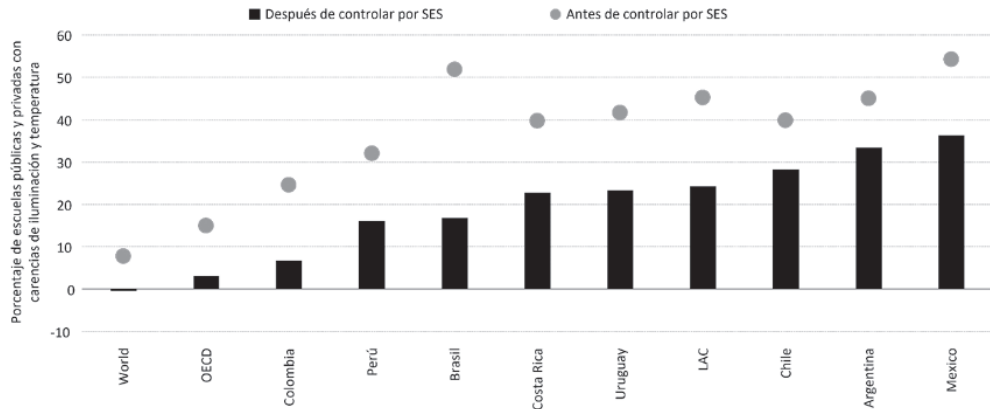
Asimismo, se observa una disparidad importante en condiciones físico-ambientales según la ubicación de la escuela (rural o urbana) y según su naturaleza (pública o privada); sin embargo, estas disparidades tienen más que ver con el nivel socioeconómico que con la ubicación o la naturaleza en sí misma. Así, por ejemplo, en Colombia, la diferencia entre el porcentaje de escuelas rurales y urbanas con carencias de iluminación y temperatura pasa de 25 puntos porcentuales a 10 puntos porcentuales una vez se controla por esta variable (Gráfico 1); mientras que la diferencia entre las escuelas públicas y privadas pasa de 25 puntos porcentuales a 7 puntos porcentuales (Gráfico 2).

Gráfico 1. Diferencia en el porcentaje de escuelas con problemas de iluminación y temperatura entre zonas rurales y urbanas, 2012



Fuente: elaboración propia a partir de PISA 2012.

Gráfico 2. Diferencia en el porcentaje de escuelas con problemas de iluminación y temperatura entre escuelas públicas y privadas, 2012



Fuente: elaboración propia a partir de PISA 2012.

En este orden de ideas, el nivel socioeconómico de los estudiantes y de la escuela tiene una importante correlación con las condiciones físico-ambientales imperantes. Así, a pesar de que para todos los países se encuentra una relación negativa

entre condiciones inadecuadas de iluminación y temperatura en las escuelas y el desempeño en matemáticas, una vez se controla tanto por el nivel socioeconómico de los estudiantes como de las escuelas, no se encuentra asociación significativa en dos países de la región (Brasil y Perú) y la OECD. Además, la magnitud de la asociación se reduce al menos tres veces en todos los países y regiones cuando se controla por el nivel socioeconómico (Tabla 4).

Tabla 4. Colombia y comparadores. Diferencia en puntaje en matemáticas entre los estudiantes en escuelas con problemas de iluminación y temperatura y los que no

	(1)		(2)	
	SIN CONTROLES		CONTROLAR POR SES	
	COEF.	ERROR ESTÁNDAR	COEF.	ERROR ESTÁNDAR
Argentina	-36,1	8,0	-13,0	6,8
Brasil	-35,0	4,9	-2,4	3,6
Chile	-38,5	7,3	-11,6	4,8
Colombia	-22,1	6,5	-8,4	4,3
Costa Rica	-29,9	6,7	-8,9	5,2
México	-26,4	3,6	-7,7	3,0
Perú	-36,2	7,7	-5,7	4,6
Uruguay	-34,1	9,0	-11,7	5,5
LAC	-32,5	2,5	-7,4	1,8
OECD	-22,5	3,1	-0,4	2,5
World	-50,5	2,5	-6,3	2,1

Fuente: elaboración propia a partir de PISA 2012.

Nota: se considera que la instrucción se encuentra obstaculizada si los rectores manifestaron que eso ocurre en cierto grado o mucho.

Modelos multinivel explicativos del rendimiento PISA

En Colombia, los factores relacionados con las características de los estudiantes tienen mayor poder explicativo en el desempeño escolar. A partir de modelos multinivel, se encontró que el 62% de la variación en los resultados en matemáticas se observa dentro de la escuela, mientras que el 38% restante tiene que ver con diferencias entre escuelas. En el caso específico de las escuelas públicas, la varianza en el interior de la escuela es incluso mayor, cerca del 75%, mientras que la variación entre escuelas es del 25%.

Si bien las escuelas tienen un poder explicativo menor en el desempeño, todavía es interesante analizar los factores que inciden en que una escuela provea mayor valor agregado a sus estudiantes, y se analicen factores como las condiciones de iluminación y temperatura que faciliten el contexto en el que se desarrolla el aprendizaje. En general, los estudiantes en escuelas con inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura tienen peores resultados en matemáticas, incluso después de controlar por el nivel socioeconómico de los estudiantes y de la escuela, como se evidenció en la sección anterior. Sin embargo, es necesario controlar por prácticas que se han documentado como importantes determinantes del rendimiento académico.

Tabla 5. Modelo multinivel de los factores asociados a resultados en matemáticas en Colombia, PISA 2012

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
Edad		-5,743** (2,331)	-6,838 (5,342)
Mujer		-30,75*** (1,246)	-36,58*** (3,546)
Grado		25,12*** (0,960)	20,94*** (2,043)
Repitencia		-4,640*** (1,606)	-7,825** (3,977)
Nivel socioeconómico estudiante		6,422*** (0,675)	5,531*** (1,716)
Nivel socioeconómico escuela		34,75*** (2,375)	27,84*** (4,304)
Escuela rural		13,70*** (4,688)	15,27** (6,709)
Porcentaje de recursos provenientes del gobierno			-0,170 (0,109)
Escuela pública			-4,469 (9,910)
Prácticas docentes			34,07*** (6,313)
Ambiente disciplinario			12,21*** (4,163)

[CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE]

Tabla 5. Modelo multinivel de los factores asociados a resultados en matemáticas en Colombia, PISA 2012

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
Minutos de matemáticas a la semana			0,0598*** (0,0114)
Tamaño de clase			0,365 (0,226)
Número de estudiantes por docente			-0,445* (0,236)
Porcentaje de docentes con educación universitaria			-6,696 (9,580)
Índice de responsabilidad por currículo			-3,415 (2,807)
Responsabilidad por asignación de fondos			1,995 (9,214)
Responsabilidad por formulación del presupuesto			-7,890* (4,621)
Presión de los padres por el rendimiento			2,352 (6,366)
Escasez de material de instrucción			3,605 (5,413)
Escasez de edificios y terrenos			10,64* (6,465)
Escasez de espacios de instrucción			1,231 (6,436)
Escasez de equipos de laboratorio			-12,70** (5,698)
Inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura		-5,740* (3,300)	-10,98* (6,634)
Constante	381,9*** (2,611)	553,1*** (38,27)	549,5*** (86,97)
Observaciones	9,073	8,184	1,693
R2		0,3990	0,4156

Fuente: elaboración propia. Errores estándar en paréntesis.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Los resultados de los modelos multinivel arrojan que, una vez se controla por otras variables de infraestructura o recursos educativos, las condiciones de iluminación y temperatura duplican su efecto en rendimiento, para ubicarse en cerca de 11 puntos en PISA (modelos 2 y 3 de la Tabla 5). Mientras tanto, se encuentra una asociación positiva entre escasez de edificios y terrenos con el rendimiento, lo que refuerza la idea de que estas escuelas pueden estar logrando resultados destacados en aprendizaje con limitados recursos. Asimismo, se encuentra una relación negativa entre la escasez de equipos de laboratorio y los resultados en matemáticas, lo que puede ser un indicador de la importancia de aplicar la teoría a la práctica. Esto es importante, ya que PISA mide la capacidad para aplicar los conocimientos en el aula.

Con respecto a otras variables a nivel de la escuela, se encuentra que las prácticas docentes inciden en el desempeño, específicamente aquellas en las que los docentes piden aplicar lo aprendido a nuevos contextos, resumen la clase anterior al iniciar, asignan proyectos que requieren más de una semana en completar, integran a los estudiantes en la planeación de las actividades de la clase y proporcionan retroalimentación sobre fortalezas y debilidades en las evaluaciones. Asimismo, variables del ambiente disciplinario, como que los estudiantes no trabajen bien o que los estudiantes comiencen a trabajar mucho tiempo después de que la lección comience, inciden en el aprendizaje. Con respecto a esto último, no solo se encuentra una asociación significativa entre los minutos de matemáticas a la semana, sino con el tiempo efectivo de clase, que depende del ambiente disciplinario.

Los aspectos administrativos también parecen tener un rol importante en el desempeño escolar. En general, los estudiantes en las escuelas en las que el rector, los docentes o el cuerpo directivo tienen la responsabilidad de diseñar el presupuesto, reportan peores resultados en matemáticas. En contraste, cuando es el gobierno local o el nacional quienes formulan el presupuesto los resultados mejoran. En cuanto a la ejecución del presupuesto, no se encontró asociación significativa con el rendimiento, lo que puede indicar que las escuelas, a pesar de conocer sus prioridades, cuando tienen la responsabilidad de formular su presupuesto no destinan los recursos hacia las áreas que más impactan en calidad.

Por otro lado, los resultados sobre la asociación entre las condiciones de iluminación y temperatura se mantienen cuando se considera la probabilidad de que un estudiante obtenga un puntaje por debajo del nivel básico en competencias matemáticas. Esta probabilidad es un 10% más alta para los estudiantes en escuelas con inadecuadas condiciones⁴. No obstante, las variables sobre el ambiente disciplinario y la formulación del presupuesto por parte de la escuela dejaron de ser

4. Se obtuvo del promedio de los efectos marginales para cada uno de los valores plausibles.

significativas. El análisis de la distribución de estudiantes es importante, ya que, como se anotó anteriormente, la mayor variación en el puntaje se encuentra en el interior de la escuela (Tabla 6).

Tabla 6. Modelo *logit* multinivel de la probabilidad de obtener un puntaje por debajo del nivel básico en matemáticas en Colombia, PISA 2012

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
Edad		0,325** (0,128)	0,294 (0,273)
Mujer		1,086*** (0,0647)	1,316*** (0,193)
Grado		-0,966*** (0,0695)	-0,727*** (0,136)
Repitencia		0,120 (0,0911)	0,315 (0,208)
Nivel socioeconómico estudiante		-0,229*** (0,0366)	-0,245*** (0,0943)
Nivel socioeconómico escuela		-1,233*** (0,0963)	-0,927*** (0,213)
Escuela rural		-0,364* (0,189)	-0,304 (0,305)
Porcentaje de recursos provenientes del gobierno			0,00504 (0,00494)
Escuela pública			0,0962 (0,464)
Prácticas docentes			-1,542*** (0,346)
Ambiente disciplinario			-0,502** (0,213)
Minutos de matemáticas a la semana			-0,00260*** (0,000590)
Tamaño de clase			-0,00508 (0,0114)
Número de estudiantes por docente			0,0161* (0,00968)

[CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE]

Tabla 6. Modelo *logit* multinivel de la probabilidad de obtener un puntaje por debajo del nivel básico en matemáticas en Colombia, PISA 2012

VARIABLES	(1)	(2)	(3)
Porcentaje de docentes con educación universitaria			0,238 (0,492)
Índice de responsabilidad por currículo			0,0625 (0,114)
Responsabilidad por asignación de fondos			0,219 (0,488)
Responsabilidad por formulación del presupuesto			0,301 (0,232)
Presión de los padres por el rendimiento			-0,00878 (0,320)
Escasez de material de instrucción			-0,212 (0,270)
Escasez de edificios y terrenos			-0,375 (0,269)
Escasez de espacios de instrucción			-0,224 (0,266)
Escasez de equipos de laboratorio			0,454* (0,247)
Inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura		0,198* (0,120)	0,541** (0,272)
Constante	1,167*** (0,0849)	-6,446*** (2,031)	-5,435 (4,523)
Observaciones	9,073	8,817	1,693

Fuente: elaboración propia. Errores estándar en paréntesis.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Al estimar el modelo completo para escuelas privadas y públicas, las condiciones de iluminación y temperatura demuestran un efecto negativo en las escuelas públicas, que alcanza un efecto aproximado de 15 puntos en el resultado PISA. Además, existe una relación positiva de esta variable sobre la probabilidad de que un estudiante obtenga un puntaje por debajo del nivel básico en competencias matemáticas. Contrariamente, en las escuelas privadas no se refleja un efecto significativo de las

condiciones de iluminación y temperatura sobre el desempeño, así como tampoco lo reflejan las variables de infraestructura o recursos educativos (ver Tabla 7).

Tabla 7. Comparación de los Modelos Multinivel de los factores asociados a resultados en matemáticas en Colombia entre escuelas públicas y escuelas privadas, PISA 2012

VARIABLES	MODELO MULTINIVEL		MODELO LOGIT MULTINIVEL	
	PÚBLICAS	PRIVADAS	PÚBLICAS	PRIVADAS
Edad	-4,903 (5,822)	-19,99 (13,04)	0,208 (0,294)	0,963 (0,899)
Mujer	-37,51*** (3,850)	-29,38*** (7,834)	1,358*** (0,211)	0,960** (0,425)
Grado	20,60*** (2,181)	25,70*** (6,306)	-0,709*** (0,154)	-1,018** (0,463)
Repitencia	-8,351* (4,565)	-4,125 (13,15)	0,367* (0,218)	0,000568 (0,725)
Nivel socioeconómico estudiante	6,348*** (1,832)	-0,0819 (4,625)	-0,256*** (0,0938)	-0,0815 (0,291)
Nivel socioeconómico escuela	22,16*** (4,569)	43,02*** (14,30)	-0,662*** (0,218)	-1,349** (0,606)
Escuela rural	11,65* (6,530)	-44,02 (80,20)	-0,163 (0,308)	-13,95 (150,959)
Porcentaje de recursos provenientes del gobierno	-0,00121 (0,160)	-0,170 (0,241)	0,000275 (0,00691)	0,00860 (0,00860)
Prácticas docentes	34,73*** (7,170)	31,10** (14,30)	-1,536*** (0,345)	-1,389 (0,973)
Ambiente disciplinario	10,19** (4,670)	17,13* (10,06)	-0,404 (0,254)	-0,860 (0,612)
Minutos de matemáticas a la semana	0,0435*** (0,0130)	0,108*** (0,0294)	-0,00186*** (0,000639)	-0,00531*** (0,00187)
Tamaño de clase	0,183 (0,257)	0,492 (0,583)	-0,00729 (0,0142)	-0,00387 (0,0201)
Número de estudiantes por docente	-0,330 (0,283)	-0,0815 (0,610)	0,0128 (0,0117)	0,00702 (0,0206)

[CONTINÚA EN LA PÁGINA SIGUIENTE]

Tabla 7. Comparación de los Modelos Multinivel de los factores asociados a resultados en matemáticas en Colombia entre escuelas públicas y escuelas privadas, PISA 2012

VARIABLES	MODELO MULTINIVEL		MODELO LOGIT MULTINIVEL	
	PÚBLICAS	PRIVADAS	PÚBLICAS	PRIVADAS
Porcentaje de docentes con educación universitaria	3,893 (11,16)	-43,14* (22,52)	-0,0351 (0,591)	2,267** (1,002)
Índice de responsabilidad por currículo	-4,049 (3,071)	-4,982 (7,687)	0,0281 (0,127)	0,247 (0,299)
Responsabilidad por asignación de fondos	-4,778 (10,29)	-11,27 (24,92)	0,385 (0,576)	1,023 (0,915)
Responsabilidad por formulación del presupuesto	-8,690* (4,569)	39,09 (30,75)	0,353 (0,232)	-2,891** (1,349)
Presión de los padres por el rendimiento	10,79 (6,646)	-27,33 (17,71)	-0,278 (0,327)	1,417* (0,778)
Escasez de material de instrucción	5,123 (5,383)	7,091 (29,49)	-0,232 (0,290)	-0,965 (1,214)
Escasez de edificios y terrenos	12,59** (6,351)	-21,86 (39,97)	-0,445 (0,274)	1,973 (1,492)
Escasez de espacios de instrucción	4,545 (6,144)	-77,57 (47,21)	-0,327 (0,256)	1,543 (1,843)
Escasez de equipos de laboratorio	-13,58** (6,117)	-12,39 (16,20)	0,506* (0,270)	0,385 (0,607)
Inadecuadas condiciones de iluminación y temperatura	-14,63** (6,347)	79,42 (48,92)	0,678*** (0,262)	-3,419** (1,725)
Constante	496,6*** (95,52)	730,1*** (216,4)	-3,233 (4,866)	-14,54 (14,98)
Observaciones	1,367	326	1,367	326

Errores estándar en paréntesis

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

En cuanto a la incidencia de las condiciones físico-ambientales en las variables relevantes, se encuentra una importante heterogeneidad en la influencia que tienen las prácticas docentes, el ambiente disciplinario y los minutos a la semana destinados en la escuela a matemáticas una vez se consideran las condiciones físico-ambientales.

En general, el impacto de estas variables es más grande cuando las escuelas tienen condiciones adecuadas de iluminación y temperatura, no solo en el puntaje promedio sino también en la probabilidad de que un estudiante obtenga un puntaje por debajo del básico. La formulación del presupuesto no mostró un efecto heterogéneo significativo, pues la probabilidad del chi cuadrado de la diferencia es mayor de 0,10 (Tabla 8).

Tabla 8. Efectos heterogéneos en variables que inciden en calidad

	CONDICIONES ADECUADAS DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA			CONDICIONES INADECUADAS DE ILUMINACIÓN Y TEMPERATURA			CHI2 DE LA DIFERENCIA	PROB > CHI2
	COEF.	ERROR ESTÁNDAR		COEF.	ERROR ESTÁNDAR			
Puntaje								
Prácticas docentes	40,54	8,36	4,85	27,82	7,92	3,51	2,60	0,107
Ambiente disciplinario	16,57	5,29	3,13	2,90	5,67	0,51	5,77	0,016
Minutos a la semana	0,066	0,016	4,033	0,021	0,018	1,202	4,04	0,045
Formulación del presupuesto	-4,29	6,21	-0,69	-14,16	5,82	-2,43	1,62	0,202
Probabilidad de obtener nivel por debajo del básico								
Prácticas docentes	-1,84	0,37	-4,93	-1,12	0,40	-2,80	4,44	0,035
Ambiente disciplinario	-0,72	0,27	-2,67	-0,04	0,31	-0,14	5,81	0,016
Minutos a la semana	-0,003	0,001	-3,763	-0,001	0,001	-1,127	5,17	0,023
Formulación del presupuesto	0,24	0,26	0,90	0,55	0,30	1,81	0,99	0,319

Nota: para cada efecto heterogéneo se estimó una ecuación diferente, la cual incluye todos los controles y el efecto fijo de región.

DISCUSIÓN

La literatura sobre el desempeño académico identifica a las condiciones físico-ambientales como uno de los factores de infraestructura que tienen la capacidad de afectar a la disposición a aprender y enseñar (Heschong, 1999). Aunque se ha observado una alta heterogeneidad de estas condiciones en los establecimientos educativos según su ubicación (zona rural y urbana) y su naturaleza (privada, pública) (Murillo *et al.*, 2016; OECD, 2016; Valdés *et al.*, 2008), los resultados observados evidencian que el nivel socioeconómico de los estudiantes es la principal

diferencia entre estos, y, por lo tanto, en los países observados existe una diferencia real menor en términos de condiciones de iluminación y temperatura entre los establecimientos educativos.

Si bien Treviño *et al.* (2010) explican que existe un contexto de desigualdad socioeconómica y cultural, luego de controlar por esta variable las condiciones de iluminación y temperatura continúan teniendo una relación negativa sobre el desempeño académico de los países, aunque en general esta disminuye su magnitud, e incluso llega a ser nula en algunos países como Brasil y Perú. Aun así, al estar asociadas a las condiciones de recursos físicos, se resalta el planteamiento observado por Heyneman (1976) y Murillo *et al.* (2016), en donde tienen una correlación clara y fuerte con el desempeño académico en países más pobres.

Tras analizar detalladamente estas condiciones en Colombia controlando por factores detallados en la literatura, se observó un resultado significativo de las condiciones de iluminación y temperatura y una relación negativa sobre el desempeño académico, en especial en las escuelas públicas. Si bien estas condiciones están relacionadas con la infraestructura escolar, los resultados en las variables de escasez de material de instrucción, así como de escasez de espacios de instrucción, no fueron significativos. Por ello, dado que las condiciones de iluminación y temperatura afectan directamente al individuo, se resalta el planteamiento de que las condiciones asociadas con el confort humano tienen efecto sobre el desempeño estudiantil (Barrett *et al.*, 2012; CELE-OECD, 2009; Haverinen-Shaughnessy y Shaughnessy, 2015; Heschong, 1999; Kim *et al.*, 2014; Krüger y Zannin, 2004).

Estos resultados sugieren una explicación entre la relación existente entre la infraestructura escolar y el desempeño académico, en donde aquellos factores de infraestructura que afectan al confort humano tendrán un impacto sobre los resultados de enseñanza y aprendizaje. Esto plantea un reto para la sección de variables, así como de las condiciones necesarias para mejorar el desempeño académico de los estudiantes, teniendo en cuenta que han existido resultados mixtos entre la relación de calidad de las instalaciones escolares y el rendimiento de los estudiantes (Bower y Urick, 2011).

CONCLUSIONES

Las condiciones de confort en las aulas tienen un importante papel en el adecuado desenvolvimiento de los procesos de aprendizaje. En general, se ha documentado en la literatura que estas condiciones influyen en el aprendizaje porque modifican la disposición de los estudiantes a aprender y de los docentes a enseñar. En Colombia, la calidad de las condiciones de iluminación y temperatura en las aulas es

similar a las de los otros países de la región, sin embargo, según la información reportada para PISA (2012) por los rectores, la mitad de las escuelas no provee condiciones adecuadas y equivalen al doble de escuelas con respecto a la OECD.

Por otro lado, en Colombia, la calidad en las condiciones de iluminación y temperatura se encuentra correlacionada con la falta de espacios educativos en las escuelas. Sin embargo, las escuelas con ese problema no necesariamente tienen resultados deficientes. De hecho, esta variable mostró una relación positiva y significativa con el rendimiento luego de controlar por un conjunto de características de los estudiantes y escuelas. Además, más que la ubicación o la naturaleza de la escuela (pública o privada), la inequitativa distribución de infraestructura en términos de condiciones físico-ambientales se relaciona con el nivel socioeconómico de los estudiantes y el nivel promedio de la escuela.

A partir de los modelos multinivel se encontró que, en las escuelas públicas del país, las condiciones físico-ambientales afectan tanto al puntaje promedio de los estudiantes como a su probabilidad de obtener un desempeño en competencias matemáticas por debajo del nivel mínimo. Específicamente, en estas escuelas el puntaje en matemáticas es cerca de 15 puntos más bajo y la probabilidad de obtener un desempeño por debajo del básico es 10% más alta. La reducción en puntaje implica que los estudiantes pueden estar rezagándose en cerca de un poco menos de medio año en educación, ya que 40 puntos en PISA equivalen a lo que un estudiante aprende en un año lectivo. Contrariamente, los resultados para las escuelas privadas no reflejan afectación por las condiciones de iluminación y temperatura.

Además de las condiciones de iluminación y temperatura, se encontraron otros importantes determinantes del rendimiento escolar, a saber, las prácticas docentes, el ambiente disciplinario y el tiempo que los estudiantes pasan en clases de matemáticas. Sin embargo, el efecto de estas variables es menor en las escuelas con carencias de iluminación y temperatura, lo que indica que estas condiciones ejercen también un efecto indirecto en resultados al reducir el impacto de otros factores que contribuyen con el aprendizaje. En particular, los efectos se reducen al menos a la mitad.

Los resultados de esta investigación ayudan a realzar el valor de las adecuadas condiciones de infraestructura en la calidad educativa, por lo que no debe restarse importancia a las características de diseño que sirven para reforzar o mejorar el entorno de la escuela. La adecuación de las escuelas, por tanto, permitirá que los colombianos transiten al logro de más que un estándar mínimo de competencias que permitan una participación socioeconómica plena en la edad adulta. En este sentido, si bien la metodología desarrollada permite controlar por características comunes en el interior de cada escuela mediante efectos fijos, lo cual captura tanto características

inobservables como otras características físico-ambientales no disponibles para este estudio, incluyendo ventilación y acústica, para ampliar la comprensión del problema y generar líneas de acción desde la infraestructura educativa es importante que se puedan desarrollar sistemas de información que contemplen la medición en el terreno de condiciones físicas del edificio, así como de variables correlacionadas (como la ventilación y la acústica). Esto permitiría analizar no sólo la percepción de confort, y cómo esto afecta a las variables educativas, sino también identificar el papel que juega el dato real de iluminación y temperatura en esa relación.

Fecha de recepción del original: 6 de diciembre de 2021

Fecha de aceptación de la versión definitiva: 20 de junio de 2023

REFERENCIAS

- Adams, R. J., Lietz, P. y Berezner, A. (2013). On the use of rotated context questionnaires in conjunction with multilevel item response models. *Large-scale Assessments in Education*, 1, 5. <https://doi.org/10.1186/2196-0739-1-5>
- Barrett, P., Zhang, Y., Moffat, J. y Kobbacy, K. (2012). A holistic, multi-level analysis identifying the impact of classroom design on pupils' learning. *Building and Environment*, 59, 678-689. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.09.016>
- Barro, R. J. (1991). Economic growth in a cross section of countries. *Quarterly Journal of Economics*, 106(2), 407. <http://doi.org/10.2307/2937943>
- Bowers, A. J. y Urick, A. (2011). Does High School Facility Quality Affect Student Achievement? A Two-Level Hierarchical Linear Model. *Journal of Education Finance*, 37(1), 72-94. *Large-scale Assessments in Education*
- CELE-OECD (2009). *Estudio Piloto Internacional: "Evaluación de la Calidad en Espacios Educativos"*. *Manual del usuario*. <https://www.oecd.org/education/innovation-education/evaluatingqualityineducationalfacilities.htm>
- Cornejo, R. y Redondo, J. M. (2007). Variables y factores asociados al aprendizaje escolar. Una discusión desde la investigación actual. *Estudios Pedagógicos*, 33(2), 155-175. <http://doi.org/10.4067/S0718-07052007000200009>
- Duarte, J., Gargiulo, C. y Moreno, M. (2011). *Infraestructura Escolar y Aprendizajes en la Educación Básica Latinoamericana: Un análisis a partir del SERCE. Notas Técnicas IDT-TN 277*. Banco Interamericano de Desarrollo.
- Galor, O. y Mountford, A. (2008). Trading population for productivity: Theory and evidence. *Review of Economic Studies*, 75(4), 1143-1179. <http://doi.org/10.1111/j.1467-937X.2008.00501.x>
- González Barbera, C., Caso Niebla, J., Díaz López, K. y López Ortega, M. (2012).

- Rendimiento académico y factores asociados. Aportaciones de algunas evaluaciones a gran escala. *Bordón*, 64(2), 51-68.
- Hanushek, E. A. (2003). The failure of input-based schooling policies. *Economic Journal*, 113(485), 64-98. <http://doi.org/10.1111/1468-0297.00099>
- Hanushek, E. A. (2006). School resources. En E. A. Hanushek (Ed.), *Handbook of the Economics of Education* (Vol. 2) (pp. 865-908). Elsevier. [http://doi.org/10.1016/S1574-0692\(06\)02014-9](http://doi.org/10.1016/S1574-0692(06)02014-9)
- Hanushek, E. A. y Luque, J. A. (2003). Efficiency and equity in schools around the world. *Economics of Education Review*, 22(5), 481-502. [http://doi.org/10.1016/S0272-7757\(03\)00038-4](http://doi.org/10.1016/S0272-7757(03)00038-4)
- Haverinen-Shaughnessy, U. y Shaughnessy, R. J. (2015). Effects of Classroom Ventilation Rate and Temperature on Students' Test Scores. *PLoS ONE*, 10(8), 1-14. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0136165>
- Hernández Barreda, G. y Gómez Amador, A. (2007). La temperatura ambiental y su vinculación con el aprovechamiento escolar. *Palapa*, 11(11), 21-30.
- Heschong, L. (1999). *Daylighting in Schools. An Investigation into the Relationship Between Daylighting and Human Performance*. Heschong Mahone Group.
- Heyneman, S. (1976). Influences on Academic Achievement: A Comparison of Results from Uganda and More Industrialized Societies. *Sociology of Education*, 49(3), 200-211. <https://doi.org/10.2307/2112231>
- Kim, T. woo, Hong, W. y Kim, H. (2014). Daylight evaluation for educational facilities established in high-rise housing complexes in Daegu, South Korea. *Building and Environment*, 78, 137-144. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.04.026>
- Krueger, A. B. y Lindahl, M. (2001). Education for Growth: Why and for Whom? *Journal of Economic Literature*, 39(4), 1101-1136. <http://doi.org/10.1257/jel.39.4.1101>
- Krüger, E. y Zannin, P. (2004). Acoustic, thermal and luminous comfort in classrooms. *Building and Environment*, 39(9), 1055-1063. <http://doi.org/10.1016/j.buildenv.2004.01.030>
- LLECE (2001). *Primer estudio internacional comparativo sobre lenguaje, matemática y factores asociados, para alumnos del tercer y cuarto grado de la educación básica*. Santiago de Chile.
- Lucas, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-42. [http://doi.org/10.1016/0304-3932\(88\)90168-7](http://doi.org/10.1016/0304-3932(88)90168-7)
- Mankiw, N. G., Romer, D. y Weil, D. (1992). A Contribution to the Empirics of Economic-Growth. *Quarterly Journal of Economics*, 107(2), 407-437. <http://doi.org/10.2307/2118477>

- Martínez-Garrido, C. (2015). *Investigación sobre enseñanza eficaz. Un estudio multi-nivel para Iberoamérica* (Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid). <http://hdl.handle.net/10486/665887>
- Murillo, F. J. (2008). Los modelos multinivel como herramienta para la investigación educativa. *Magis. Revista Internacional de Investigación en Educación*, 1(1), 45-62. <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/MAGIS/article/view/3355>
- Murillo, F. J. y Román, M. (2011). School infrastructure and resources do matter: analysis of the incidence of school resources on the performance of Latin American students. *School Effectiveness and School Improvement*, 22(1), 29-50. <http://doi.org/10.1080/09243453.2010.543538>
- Murillo, F. J., Román, M. y Atrio, S. (2016). Los Recursos Didácticos de Matemáticas en las Aulas de Educación Primaria en América Latina: Disponibilidad e Incidencia en el Aprendizaje de los Estudiantes. *Archivos Analíticos de Políticas Educativas*, 24(67), 1-26. <http://dx.doi.org/10.14507/epaa.24.2354>
- Murillo, F. J., Castañeda, E., Cueto, S., Donoso, J. M., Fabara, E., Hernández, M. L., et al. (2007). *Investigación Iberoamericana sobre Eficacia Escolar*. Convenio Andrés Bello. file:///C:/Users/marina/Downloads/IEEE_informe_final.pdf
- OECD (2014). *Pisa 2012, Technical Report*. <https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2012technicalreport.htm>
- OECD (2016). *Education in Colombia*. OECD Publishing. <http://doi.org/10.1787/19900198>
- PIRLS (2013). *PIRLS - TIMS 2011. Estudio Internacional de progreso en comprensión lectora, matemáticas y ciencias. IEA. Volumen II*. Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. Ministerio de Educación Cultura y Deporte. Instituto Nacional de Evaluación Educativa. <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/evaluaciones-internacionales/pirls/pirls-2011.html>
- Ramírez, M. T. y Téllez, J. P. (2006). *La educación primaria y secundaria en Colombia en el siglo XX*. Borradores de Economía n° 379. Banco de la República de Colombia. https://repositorio.banrep.gov.co/bitstream/handle/20.500.12134/5397/be_379.pdf
- Suárez Enciso, S., Elías, R. y Zarza, D. (2016). Factores asociados al rendimiento académico de estudiantes de Paraguay: un análisis de los resultados del TERCE. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 14(4), 113-133. <http://doi.org/10.15366/reice2016.14.4.006>
- Treviño, E., Valdés, H., Castro, M., Costilla, R., Pardo, C. y Donoso Rivas, F. (2010). *Factores asociados al logro cognitivo de los estudiantes de América Latina y el Caribe*. OREALC/UNESCO Santiago. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000186769>

- Uline, C. y Tschannen-Moran, M. (2008). The walls speak: The interplay of quality facilities, school climate, and student achievement. *Journal of Educational Administration*, 46(1), 55-73. <http://doi.org/10.1108/09578230810849817>
- Valdés, H., Treviño, E., Castro, M., Costilla, R. y Acevedo, C. G. (2008). *SERCE. Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo. Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe*. OREALC/UNESCO Santiago. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000190297>
- Vélez, E., Schiefelbein, E. y Valenzuela, J. (1994). Factores que afectan el rendimiento académico en la educación primaria. *Revista Latinoamericana de Innovaciones Educativas*, 17(1).
- Willms, J. D. y Somer, M. (2001). Family, Classroom, and School Effects on Children's Educational Outcomes in Latin America. *School Effectiveness and School Improvement*, 12(4), 409-445. <http://doi.org/10.1076/sesi.12.4.409.3445>

ANEXOS

ANEXO A1. VARIABLES DE PRÁCTICAS DOCENTES Y AMBIENTE DISCIPLINARIO

PISA presenta al menos cuatro índices relacionados con las prácticas docentes: Estrategias de activación cognitiva, Instrucciones directas, Instrucciones dirigidas y Evaluaciones formativas. Sin embargo, la inclusión de estos índices en las estimaciones no arrojó resultados concluyentes, a pesar de que las prácticas docentes sí son un importante determinante en los resultados. Esto llevó a plantear que es una combinación de prácticas la que tiene el potencial de incidir en el desempeño académico en Colombia. Con el objetivo de conocer la significancia de cada práctica, se dicotomizaron los ítems que componen cada índice teniendo en cuenta si se aplicó, valor 1, o no, valor 0. A partir de ello, se evaluó la significancia estadística de cada ítem por práctica docente en regresiones multinivel controladas por características básicas de los estudiantes y de las escuelas, como: edad, género, grado, repitencia, nivel socioeconómico del estudiante, nivel socioeconómico promedio de la escuela y porcentaje de fondos que proviene del gobierno (los resultados para cada práctica se observan en las tablas A1.1 - A1.4). En total se estimaron cuatro regresiones, una para cada tipo de práctica, y se seleccionaron aquellas prácticas con resultados estadísticamente significativos y con signos esperados; estas fueron agrupadas en un índice a partir de un promedio aritmético de las variables dicotómicas.

Tabla A1.1. Estrategias de activación cognitivas

	COEFICIENTE
Los docentes animan a reflexionar sobre problemas matemáticos	1,489
Los docentes proporcionan problemas que requieren pensar	1,061
Los docentes piden usar procedimientos propios para resolver problemas complejos	-3,900*
Los docentes presentan problemas con respuestas que no son obvias	0,443
Los docentes presentan problemas en diferentes contextos	1,101
Los docentes ayudan a aprender de los errores	-3,307
Los docentes piden explicaciones	-0,707
Los docentes piden aplicar lo aprendido a nuevos contextos	7,337***
Los docentes presentan problemas con múltiples soluciones	3,553

Nota: se omiten los resultados de las variables de control.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Tabla A1.2. Estrategias de instrucciones directas

	COEFICIENTE
Los docentes fijan objetivos claros de nuestro aprendizaje	0,137
Los docentes animan a pensar y razonar	2,976
Los docentes comprueban la comprensión	-4,664*
Los docentes resumen la clase anterior	7,172***
Los docentes informan sobre los objetivos de aprendizaje	3,269

Nota: se omiten los resultados de las variables de control.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Tabla A1.3. Estrategias de instrucciones orientadas

	COEFICIENTE
Los docentes diferencian entre estudiantes cuando asignan tareas	3.267
Los docentes asignan proyectos que requieren más de una semana	7.010***
Los docentes hacen que los estudiantes trabajen en pequeños grupos	0.493
Los docentes nos piden ayuda a planear las actividades de la clase	11.02***

Nota: se omiten los resultados de las variables de control.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Tabla A1.4. Evaluaciones formativas

	COEFICIENTE
Los docentes proporcionan retroalimentación	-2,848
Los docentes proporcionan retroalimentación sobre fortalezas y debilidades	6,167***
Los docentes informan sobre lo que se espera en las evaluaciones	-0,108
Los docentes instruyen sobre cómo mejorar	-0,601

Nota: se omiten los resultados de las variables de control.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

Este mismo proceso se realizó para las variables de ambiente disciplinario, detalladas a continuación.

Tabla A1.5. Ambiente disciplinario

	COEFICIENTE
Los estudiantes no escuchan lo que los docentes dicen	-1,155
Hay ruido y desorden	3,612
Los docentes tienen que esperar hasta que los estudiantes estén quietos	-2,190
Los estudiantes no trabajan bien	7,749***
Los estudiantes comienzan a trabajar mucho tiempo después que la lección comienza	5,050**

Nota: se omiten los resultados de las variables de control.

*** $p < 0,01$, ** $p < 0,05$, * $p < 0,1$

RECENSIONES DE LIBROS

