

Economía aplicada

Ensayos de investigación económica 2019

26.417

- Sergio Argüelles Catare
- Víctor Andrés Carranza Meneses
- Sebastián Dueñas Roldán
- Gonzalo Fernández Salgado
- Alonso Guerrero Castañeda
- Ariana Gutiérrez Beltrán
- María Pía López Lazo
- Edicson Luna Román
- Carlos Monteagudo Guzmán
- Ariel Rubén Pajuelo Muñoz
- Gonzalo Torres Miró Quesada
- Renato Juan Trujillo Galindo
- Lucía Valdivieso Mendoza
- Gonzalo Alejandro Vidalón Véliz

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza



UNIVERSIDAD
DEL PACÍFICO

60
AÑOS

Economía aplicada

Ensayos de investigación
económica 2019

Sergio Argüelles Catare
Víctor Andrés Carranza Meneses
Sebastián Dueñas Roldán
Gonzalo Fernández Salgado
Alonso Guerrero Castañeda
Ariana Gutiérrez Beltrán
María Pía López Lazo
Edicson Luna Román
Carlos Monteagudo Guzmán
Ariel Rubén Pajuelo Muñoz
Gonzalo Torres Miró Quesada
Renato Juan Trujillo Galindo
Lucía Valdivieso Mendoza
Gonzalo Alejandro Vidalón Véliz

Con la colaboración de:
Karina Angeles Mendoza



Efecto de la cobertura eléctrica sobre el rendimiento escolar en distritos rurales del Perú entre los años 2007 y 2016¹

Gonzalo Alejandro Vidalón Véliz
Renato Juan Trujillo Galindo

Introducción

Algunos efectos de los procesos de electrificación rural han sido analizados por los especialistas, cuyos estudios plantean la relevancia de esos procesos en razón de su impacto sobre la eficiencia de la asignación de recursos de hogares e individuos y sus condiciones laborales (Akpandjar & Kitchens, 2017; Bernard, 2012; Khandker, Barnes, & Samad, 2013). En el Perú, se ha estudiado su importancia en la mejora del bienestar en el ámbito rural (Aguirre, 2017; Arraiz & Calero, 2015; Urrunaga *et al.*, 2013). Pero no se ha profundizado el análisis de su efecto en el rendimiento escolar, que mide aproximativamente el capital humano.

La expansión de la electrificación en el Perú ha representado un tema de prioridad para los hacedores de política (Vásquez *et al.*, 2016). Desde inicios de la década de 1990, el Gobierno implementó un programa de privatizaciones como parte de un paquete de reformas estructurales (Dammert, Gallardo, & García, 2005; Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería [Osinergmin], 2016). Posteriormente, en 2007, fue aprobada la Ley General de Electrificación Rural (Ley N.º 28749) que estableció el

¹ Este ensayo es una versión resumida y editada del Trabajo de Investigación Económica aprobado en noviembre de 2019. Los autores agradecen al profesor Carlos Casas por su asesoría durante la investigación; a los profesores Roberto Urrunaga y José Luis Bonifaz, por sus valiosos comentarios como jurados del trabajo; al profesor Jorge Montesinos y al economista Rodrigo Chang, por su apoyo en la elaboración del trabajo; así como al Minedu y a Osinergmin, por el acceso a sus bases de datos.

marco normativo para promover la electrificación en zonas aisladas del país (Osinergmin, 2016).

Estas políticas incrementaron no solo la producción de electricidad en un 196% entre 1995 y 2015 (Osinergmin, 2016), sino también la cobertura eléctrica rural, del 30 al 89% entre los años 2007 y 2016, bajo la vigencia de dicha ley (anexo 1). Dado que durante esos mismos años también mejoró el rendimiento escolar en zonas rurales (anexo 2), se justifica el esfuerzo por identificar la relación entre cobertura eléctrica y capital humano², así como los mecanismos explicativos de esta relación. Por ello, nuestro trabajo busca aportar a la literatura con el estudio del efecto de la cobertura eléctrica, a nivel distrital, sobre el rendimiento escolar promedio en niños³, considerado como un factor que repercute significativamente sobre el capital humano futuro (Beltrán & La Serna, 2009).

Nuestra hipótesis es que la cobertura eléctrica en el distrito tiene un efecto positivo y significativo sobre el rendimiento escolar promedio. El coeficiente estimado incluye el impacto del acceso a electricidad de los pares sobre el rendimiento escolar del individuo; un canal de transmisión poco explorado. Este consiste en el efecto del incremento de capital humano de los estudiantes cercanos al individuo sobre su rendimiento escolar, mediante el intercambio de ideas e interacción en trabajos grupales (Han & Li, 2009; Zimmerman, 2003); un efecto *spillover*⁴ relevante para el crecimiento de la economía (Lucas, 1988).

En la segunda sección, se desarrolla una revisión de literatura. En la tercera, se presenta el marco analítico explicativo de los mecanismos de transmisión y del modelo planteado. En la cuarta sección, se presenta la metodología y, en la quinta, el análisis de los resultados de las especificaciones, incluyendo los de un par de estimaciones de efectos heterogéneos según la posibilidad de acceso a electricidad por región natural, así como las limitaciones de nuestro estudio. Por último, se exponen las conclusiones del trabajo.

Revisión de literatura

Si bien distintos autores plantean que hay una relación positiva entre el acceso a electricidad y el crecimiento económico (Arraiz & Calero, 2015; Lee, Miguel, & Wolfram, 2017), es probable que la electrificación no cause dicho crecimiento. Stern, Burkes y Bruns (2017) realizan una revisión de la literatura

² El capital humano se refiere al nivel de educación y conocimientos técnicos de un individuo (Lucas, 1988).

³ Se evalúa el rendimiento escolar de alumnos de segundo grado de primaria.

⁴ Entiéndase como efecto *spillover* al efecto indirecto que causa el acceso a electricidad de personas allegadas al individuo sobre el rendimiento escolar de este.

que busca establecer una relación causal macroeconómica entre el PIB y la electrificación, y concluyen que esos estudios empíricos no tienen suficiente calidad metodológica porque no explican los mecanismos de transmisión⁵.

Por otro lado, sí se han identificado algunos de los mecanismos de transmisión que explican el efecto positivo de la electrificación en el bienestar de la comunidad rural, medido a través de ingresos, condiciones laborales, entre otros. Al respecto, se ha identificado el efecto del acceso a electricidad sobre la elección de actividades laborales y las condiciones de empleo, mediante el mecanismo consistente en el impacto sobre el uso del tiempo del padre; el cual, a su vez, repercute sobre el rendimiento escolar del niño (Singh *et al.*, 1995). Akpandjar y Kitchens (2017) hallan efectos significativos en la formación de negocios pequeños, disminución del empleo agrícola y el incremento del número de personas asalariadas. Mientras que Dinkelman (2011), con datos de panel, encuentra un incremento significativo del empleo de mujeres de 9 a 9,5 puntos porcentuales en Sudáfrica, utilizando un vector de variables características de las comunidades y efectos fijos distritales para controlar la tendencia de la comunidad a lo largo del tiempo, así como una variable instrumental para controlar por variables omitidas que afecten la asignación de los proyectos de electrificación rural⁶.

También se ha identificado el efecto de la electrificación sobre variables relacionadas con la educación. Bensch, Kluge y Peters (2011) analizan el efecto de la electrificación sobre el tiempo de estudio de los niños, utilizando un modelo de corte transversal para estimar el efecto del acceso a la red eléctrica en los últimos cuatro años, con el cual obtuvieron resultados positivos y significativos, pero que desaparecen cuando se toman en cuenta los efectos regionales. Asimismo, Khandker *et al.* (2013) utilizan un panel de datos de 2002 a 2005 para estimar el efecto de la conexión a la red eléctrica sobre la asistencia a las escuelas. Encuentran que los efectos son positivos y significativos: la probabilidad de matrícula aumenta en un 11% y los años de educación se incrementan en 0,67 años. Los respectivos efectos marginales son mayores en los primeros años de conexión, pero luego se mitigan alrededor de los nueve años de conexión. En un estudio similar para la India, Khandker *et al.* (2014) encuentran que la probabilidad de matrícula sube en un 6% para niños y un

⁵ Las variables económicas claves, según esta literatura, son: ingresos, nivel de educación, asistencia a colegios, rendimiento escolar, niveles de salud, empleo, uso del tiempo, entre otras.

⁶ El instrumento utilizado es el promedio de la gradiente de la tierra de la comunidad. Una mayor gradiente incrementa el costo promedio de conexión a una red eléctrica del hogar, afectando así las áreas priorizadas para la electrificación. La variable endógena es dicotómica y toma el valor de 1 si la comunidad formó parte del programa de electrificación, y 0 de otro modo.

7,4% para niñas, y que las horas semanales de estudio aumentan en más de una hora en hogares con acceso a electricidad.

Para el caso peruano, Dasso, Fernández y Ñopo (2015) analizan los efectos de la electrificación rural en los siguientes resultados a nivel colegio: asistencia, matrícula, gastos en educación y rendimiento escolar. Para ello, utilizan datos de panel entre 2007 y 2012 con una metodología de efectos fijos. Encuentran que dicha electrificación está asociada con un efecto negativo en el rendimiento escolar como primer impacto, el cual se torna positivo conforme aumentan los años de exposición a la red eléctrica⁷. Por su parte, Aguirre (2017) estudia el impacto indirecto de la electrificación rural sobre la educación a nivel nacional. Encuentra que brindar acceso a electricidad incrementa el tiempo promedio de estudio diario del niño entre 94 y 137 minutos, e indica que se espera un sesgo positivo en el parámetro de interés debido a las variables omitidas que están positivamente correlacionadas con el tiempo de estudio del niño y con la conexión a electricidad. En la misma línea, Arraiz y Calero (2015) encuentran que, para hogares expuestos a electricidad mediante paneles solares, los niños asignan nueve minutos más a realizar tareas de la escuela, además de tener 0,4 años más de educación en promedio⁸.

De lo anterior se desprende que, para el caso peruano, el efecto de la electrificación rural sobre el rendimiento escolar solo ha sido abordado mediante un panel de datos con una variable explicativa dicotómica. Por ello, nuestra investigación busca explicar los mecanismos de transmisión de dicho efecto especificando el acceso a electricidad con una variable no dicotómica, como es la cobertura eléctrica distrital.

Marco analítico

A la luz de la literatura revisada, nuestro marco analítico plantea tres principales mecanismos de transmisión explicativos de la relación causal que investigamos, entre la electrificación rural y el rendimiento escolar. El primer mecanismo opera a través del acceso a electricidad en el hogar, bajo el supuesto de una

⁷ Dichos autores asumen un rendimiento marginal constante del acceso a electricidad sobre el rendimiento escolar. Y no comprueban econométricamente cuál de los dos efectos mencionados predomina, aunque argumentan que el efecto positivo de los años de exposición a la red eléctrica sobre el rendimiento escolar puede ser mayor que el efecto negativo hallado en la primera especificación. Este coeficiente negativo puede deberse a la construcción de la variable dicotómica de los autores, la cual toma el valor de 1 en los distritos en los que hubo por lo menos un proyecto de electrificación rural en el período de análisis. Es probable que los proyectos se realicen en distritos con situaciones económicas menos favorables, cuyo efecto negativo se atribuye a la cobertura eléctrica porque no ha sido controlado con alguna variable o instrumento.

⁸ Esta diferencia de 0,4 años de educación es válida para niños matriculados en primaria y que han estado expuestos a la electricidad por un promedio de 2 años y 9 meses.

relación positiva entre la cobertura eléctrica en el distrito y la probabilidad de que el hogar acceda a electricidad. Si el hogar obtiene este servicio, aumentan las herramientas a su alcance para actividades económicas. Ello permite a los padres reducir sus horas de trabajo y dedicar más tiempo a sus hijos y al ocio (Barrón & Torero, 2014; Van de Walle *et al.*, 2013). Este incremento del tiempo con los hijos impacta positivamente sobre su rendimiento escolar merced a la ayuda de los padres, siempre y cuando sea en un ambiente no violento (Sacker, Schoon, & Bartley, 2002; Singh *et al.*, 1995).

Además, el acceso a electricidad mejora la productividad de los padres, quienes así pueden obtener mayores salarios. Este efecto compensa el mayor tiempo de ocio y representa un incremento de ingresos (Khandker *et al.*, 2012). Este incremento permite un mayor gasto en alimentos y bienes del hogar (Khandker *et al.*, 2014). Esta mejor calidad de vida permite al niño estudiar más y mejorar su rendimiento escolar (Lucas, 1988; Singh *et al.*, 1995).

Ello es corroborado por los resultados de la estimación con efectos fijos que realizamos con datos de la Enaho entre 2007 y 2016, que resume el anexo 3, y que muestran efectos de la cobertura eléctrica en los ingresos totales y las horas dedicadas a trabajar y el ingreso por hora, que son consistentes con las predicciones teóricas. Se tiene así que un incremento de un 1% en el grado de luminosidad incrementa en un 0,158% el ingreso por hora de los trabajadores y en un 0,128% sus ingresos totales, y reduce en un 0,0140% las horas trabajadas.

El segundo mecanismo parte del acceso a electricidad en el hogar del niño, bajo el supuesto dicho anteriormente. Este acceso incrementa la productividad en actividades laborales realizadas por el estudiante, reduciéndole el número de horas trabajadas (Van de Walle *et al.*, 2013)⁹. También expande sus horas disponibles para estudiar, ya que cuenta con iluminación en las noches. Ambos efectos hacen que el niño cuente con más posibilidades de aumentar su tiempo de estudio y rendimiento escolar (Lucas, 1988); así como con horas extra disponibles para actividades de esparcimiento y descanso (Dasso *et al.*, 2015).

Y el tercer mecanismo consiste en el efecto aprendizaje que obtiene el estudiante al interactuar con sus pares del distrito (*peers effect*), bajo el supuesto de que una mayor cobertura eléctrica en el distrito incrementa la probabilidad de que más niños de este se beneficien del servicio. La mejora en sus respectivos rendimiento escolares, resultante de los dos mecanismos antes mencionados,

⁹ Dado que se está analizando el caso de distritos rurales, donde los niños suelen ayudar a sus padres en las faenas del campo y en otras labores del hogar.

implica un mayor nivel de capital humano promedio del aula, que impacta positivamente sobre el rendimiento escolar de un alumno, aunque no cuente con electricidad en su hogar, mediante el intercambio de ideas y trabajos grupales (Boud, Cohen, & Sampson, 1999). Cabe resaltar que, según la literatura revisada, este efecto suele ser endógeno, ya que depende de la elección del estudiante de su grupo cercano y del nivel de capital humano inicial del niño (Han & Li, 2009; Zimmerman, 2003).

Esos tres mecanismos de transmisión sugieren una relación positiva entre la cobertura eléctrica en el distrito y el rendimiento escolar promedio, en línea con la hipótesis planteada. Por ello, nuestro marco analítico formaliza dicha relación y sus mecanismos con base en el modelo teórico de Lucas (1988), el cual explica los determinantes de la evolución del capital humano (h) mediante la siguiente ecuación de movimiento:

$$\dot{h} = \emptyset h(1 - \mu) \dots (1)$$

Donde \emptyset representa la eficiencia de cada hora de estudio y μ es la fracción del tiempo disponible (no dedicado al ocio) que utiliza el individuo para trabajar. La literatura revisada sugiere las relaciones entre estas variables y la cobertura eléctrica (e).

Por un lado, el acceso a electricidad permite una mayor eficiencia en el estudio gracias al uso de artefactos electrónicos; aunque este efecto tiene rendimientos decrecientes (Khandker *et al.*, 2013). Y para medir la eficiencia de cada hora de estudio hay que distinguir entre la que ocurre en el centro educativo y la que ocurre en el hogar. La primera depende positivamente de la infraestructura física (inf), de la ratio profesor-alumno (R) y del nivel de capital humano de los compañeros (h_a) (Lucas, 1988); mientras que la segunda depende positivamente del acceso a otros servicios como agua, saneamiento y salud (S).

$$\emptyset = \emptyset(e, h_{a(e)}, inf, R, S) \dots (2)$$

Por otro lado, el tiempo de estudio depende positivamente de la cobertura de electricidad, ya que esta aumenta las horas disponibles para estudiar. Asimismo, a partir de la teoría explicativa del primer mecanismo de transmisión, se plantea la existencia de una relación entre el ingreso del hogar (ing) y el tiempo de estudio, mediante la reducción de las horas de trabajo del niño y de su probabilidad de deserción escolar (Khandker *et al.*, 2012).

$$u = u(e, ing) \dots (3)$$

De esta forma, el hogar promedio maximiza una función de utilidad conjunta que depende del consumo de bienes y el ocio, sujeto a la evolución del capital humano del niño. En el óptimo, el capital humano del niño en sus primeros años depende de las siguientes variables:

$$h = h(e, \text{inf}, R, S, \text{ing}) \dots (4)$$

A la luz de la teoría económica revisada, se espera que la variable de interés (*e*) tenga un efecto positivo sobre el capital humano; y se sabe que las otras variables impactan positivamente en el nivel de capital humano, por lo que son incluidas en la especificación.

Metodología

Nuestra estrategia empírica buscar identificar con precisión la relación entre las variaciones intertemporales de la cobertura eléctrica y del rendimiento escolar en zonas rurales (anexos 1 y 2). Y, según el modelo teórico expuesto en la sección anterior, el ingreso del hogar es un determinante del capital humano. Pero, como en el Perú no existen mediciones del ingreso a nivel de hogar, la omisión de esta variable generaría un problema de endogeneidad, ya que esta presenta relación tanto con la variable dependiente como con la variable independiente de interés (Greene, 2012).

Por ello, nuestra metodología se basa en la propuesta por Dinkelman (2011) y Khandker *et al.* (2012), que utiliza una regresión con efectos fijos temporales y una variable instrumental para mitigar el problema de endogeneidad. Esa metodología opera el modelo en dos etapas: primero, se estima la cobertura eléctrica (variable endógena) respecto al instrumento; y en la segunda etapa se utilizan los valores predichos en la primera etapa como un regresor.

Nuestro instrumento, basado en Aguirre (2017), es la distancia topográfica entre el colegio y la central eléctrica de distribución más cercana a este¹⁰. Según la teoría, el instrumento escogido debe cumplir con dos condiciones, exogeneidad y relevancia, para mitigar satisfactoriamente el mencionado problema (Greene, 2012). La condición de exogeneidad consiste en la existencia de una correlación nula entre el instrumento planteado y el error de la regresión en la segunda etapa. Para que ello se cumpla, es necesario asumir que los hogares de altos y bajos ingresos están ubicados a la misma distancia topográfica de las centrales eléctricas de distribución, supuesto que resulta adecuado en vista

¹⁰ La distancia topográfica que calculamos toma en cuenta las vías disponibles en la zona rural para poder acceder del colegio a la central eléctrica de distribución más cercana.

de las variables consideradas para ubicar una central eléctrica de distribución (Osinermin, 2016). En efecto, el Plan Nacional de Electrificación Rural contempla que uno de los criterios para la priorización de proyectos sea el índice de pobreza distrital del año 2007, pero este tiene un peso del 25% en la decisión. Los otros criterios tomados en cuenta por el Estado son: (i) disposición de centrales de generación eléctrica, (ii) minimización de costos de redistribución de la electricidad a centros poblados y colegios, y (iii) viabilidad geográfica de instalar una central eléctrica (Ministerio de Energía y Minas [MEM], 2015). Así, la distancia es determinada principalmente por factores geográficos, no por ingresos distritales.

La condición de relevancia consiste en la existencia de una correlación no nula entre el instrumento empleado y la variable independiente de interés (Greene, 2012). Para verificarla, dado que la provisión de electricidad a través de centrales eléctricas de distribución es la más utilizada para proyectos de electrificación rural (Osinermin, 2016), conviene asumir que los colegios más cercanos a una central eléctrica tienen una probabilidad más alta de acceder a electricidad debido a los menores costos que conlleva su provisión. No obstante, es necesario evaluar la importancia de otras alternativas de acceso a electricidad en zona rurales del país. Respecto a la alternativa de provisión mediante paneles fotovoltaicos, la relación de proyectos de electrificación rural registra 17 proyectos de paneles fotovoltaicos ejecutados entre 2007 y 2016 (anexo 4), los cuales benefician a 14.960 personas (anexo 5), que representan aproximadamente el 0,2% de la población rural (según cifras del Censo Nacional 2017) y, por ello, no va a distorsionar la relación positiva esperada. Y la alternativa de provisión con generación directamente distribuida tampoco representa un alto porcentaje de la electricidad utilizada en la zona rural del país (anexo 6).

Una vez verificadas las condiciones de validez del instrumento, seguidamente explicamos las dos especificaciones para estimar el efecto de la cobertura eléctrica en el rendimiento escolar. Estas consideran que $i = 1, 2, \dots, N$, $j = 1, 2, \dots, M$ y $t = 1, 2, \dots, T$ representan a los colegios, distritos y años, respectivamente.

La primera especificación consiste en calcular el efecto de la cobertura eléctrica en el rendimiento escolar mediante el estimador 2SLS (dos etapas). Para ello, construimos un panel de datos desde 2007 hasta 2016 considerando a los colegios como individuos. Las dos etapas de esta estimación son:

$$\ln(E_{jt}) = \gamma \ln(Z_i) + u_{ijt}$$

$$\ln(Y_{ijt}) = \alpha_t + \beta \widehat{\ln(E_{jt})} + \theta X_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

Donde Y_{ijt} representa la nota promedio en el colegio i ubicado en el distrito j en el año t . E_{jt} representa la cobertura eléctrica del distrito j en el año t . α_t representa efectos fijos temporales. Z_i representa la distancia topográfica entre el colegio i y la central eléctrica de distribución más cercana. Las variables X_{ijt} representan variables de control a nivel colegio y nivel distrital. Y el coeficiente de interés es β , el cual representa la elasticidad entre la cobertura eléctrica y el rendimiento escolar¹¹; es decir, el efecto total de la cobertura eléctrica en el rendimiento escolar promedio del colegio.

La segunda especificación agrega, en la segunda etapa, una variable dicotómica D_{ijt} que toma el valor de 1 si es que el colegio i cuenta con electricidad, y 0 de otro modo. El objetivo de esta especificación es poder estimar el *peers effect*, de la siguiente manera:

$$\ln(E_{jt}) = \gamma \ln(Z_i) + u_{ijt}$$

$$\ln(Y_{ijt}) = \alpha_t + \beta \widehat{\ln(E_{jt})} + \lambda D_{ijt} + \theta X_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

A través de la inclusión de la variable dicotómica es posible obtener un coeficiente del efecto del acceso a electricidad del individuo sobre su rendimiento (λ), el cual recoge la magnitud de los dos primeros mecanismos de transmisión. De esta forma, se aísla el efecto de los pares no relacionado con el acceso al servicio del individuo, medido por el coeficiente de la variable de cobertura eléctrica (β) (Duflo, Dupas, & Kremer, 2011).

Esa metodología supone que, si un colegio tiene electricidad, entonces el alumno tendrá electricidad en su hogar; mientras que, si un colegio no tiene electricidad, el alumno no contará con este servicio. La validez de este supuesto yace en que la priorización de colegios en proyectos de conexión a la red eléctrica de las comunidades aledañas (Osinerghin, 2016) implica la inexistencia del caso en que una institución educativa no cuente con electricidad y la comunidad aledaña sí. Pero la situación inversa sí es posible, en cuyo caso dicho supuesto estaría sobrevalorando la cantidad de hogares con electricidad, y la variable D_{ijt} tomaría el valor de 1 para algunos hogares sin electricidad. Este error de medición generaría un sesgo negativo en el parámetro de los *peers effects*, pues algunas variaciones del rendimiento escolar serían atribuidas al (inexistente) acceso a electricidad en el hogar en vez de al efecto de los pares (Greene, 2012). En este caso, entonces, si el coeficiente hallado es positivo y significativo, se puede concluir que existe el *peers effect*.

¹¹ Más precisamente, dicha elasticidad mide el impacto de una variación en un 1% de la cobertura eléctrica en términos de una variación en $\beta\%$ del rendimiento escolar de los alumnos de segundo de primaria.

Análisis de resultados

Fuentes de información

La tabla 1 muestra las variables relevantes para las estimaciones econométricas y las respectivas fuentes de información. Para el cálculo del instrumento, obtuvimos la georreferencia de los colegios a partir del mapa de escuelas en la página web del Minedu; y la georreferencia de las centrales eléctricas de distribución fue obtenida del mapa disponible en la página web de Osinergmin. A partir de ambas bases de datos, calculamos la distancia topográfica entre cada colegio y la central eléctrica de distribución más cercana (véase el anexo 7).

Tabla 1
Fuentes de información

Variables de interés y controles	Fuente de información
Notas promedio de Matemáticas y Lenguaje	Evaluación Censal de Estudiantes (ECE) – Minedu
* Porcentaje de estudiantes que cuentan con acceso a electricidad * Características del colegio (infraestructura, gestión, planilla docente, títulos de profesores)	Censo Escolar – Minedu
Luminosidad	Imágenes satelitales de la NASA
* Camiones de basura operativos * Camiones cisterna operativos * Presencia de un sistema de desagüe en la provincia	Registro Nacional de Municipalidades
Georreferencia de los colegios	Mapa de Escuelas – Minedu
Georreferencia de las centrales eléctricas de distribución	Osinergmin

Elaboración propia.

Estadísticos descriptivos

La cobertura eléctrica se define como el promedio de colegios con acceso a electricidad ponderado por el número total de alumnos. La variable de acceso a electricidad se encuentra en el Censo Escolar a nivel colegio, del cual tomamos los valores de 2010 a 2016¹².

¹² Para los años 2007 y 2008, la variable no contaba con observaciones, mientras que para el año 2009 todos los colegios aparecían con conexión eléctrica; lo que hubiera distorsionado el análisis de este trabajo.

El promedio de las notas es 494 y 483 puntos para los exámenes de matemáticas y lenguaje, respectivamente (anexo 8). Según la escala de calificación de la Evaluación Censal de Estudiantes (ECE), una nota menor de 458 en lenguaje o de 512 en matemáticas implica que los estudiantes no lograron los aprendizajes para estar en la categoría «En proceso». Los alumnos que obtuvieron una calificación mayor de 583 en lenguaje o de 638 en matemáticas se encuentran en el nivel «Satisfactorio», que es el nivel de calificación más alto de la ECE. Este nivel solo fue logrado en el 8,22 y 7,68% de los colegios en la base de datos durante los años analizados, en matemáticas y lenguaje respectivamente, como se observa en el anexo 9 (Ministerio de Educación [Minedu], 2015).

También contamos con las variables que reflejan la categoría del colegio según su planta docente: (1) la variable «polidocente completo» toma el valor de 1 si es que el colegio cuenta con seis o más docentes (suele suceder que cada profesor es encargado de una única sección); y (2) la variable «polidocente multigrado» toma el valor de 1 si los profesores están encargados de dos secciones o más. Los colegios unidocentes, es decir, donde un profesor enseña todos los cursos, toman el valor de 0 en las dos variables anteriores¹³.

Por último, respecto a la distribución de los colegios en la base de datos por departamento y zona rural¹⁴, se observa que la mayor proporción (14,99%) de colegios en zonas rurales se da en Cajamarca, y la menor (0,17%) en Tacna (anexo 10).

Estimaciones finales

Primera etapa de la estimación por variable instrumental

En la primera etapa, se estima el efecto del logaritmo de la distancia topográfica con respecto a la cobertura eléctrica y a la luminosidad. Esta etapa permite obtener el valor predicho de la cobertura eléctrica, utilizado como regresor principal en la segunda etapa.

De la mencionada estimación, encontramos que el logaritmo de la distancia topográfica tiene un efecto negativo y significativo al 1% sobre la cobertura eléctrica y el grado de luminosidad, como muestra la tabla 2.

¹³ Se considera la categoría base.

¹⁴ La base de información cuenta con la información de los colegios a lo largo de varios años. Si un colegio aparece en la base durante más de un año, se contabiliza una única vez.

Tabla 2
Primera etapa de la estimación 2SLS

	(1) Ln(Cobertura Eléctrica)	(2) Ln(Luminosidad)
Ln(Distancia)	-0,0999*** (0,000)	-0,719*** (0,000)
Constante	0,0909*** (0,000)	0,732*** (0,000)
Observaciones	65.224	71.140

Notas. *p-values* entre paréntesis. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Primera especificación: estimación del efecto total

La primera especificación consiste en la regresión de la variable cobertura eléctrica, reemplazada por el valor predicho en la primera etapa, con respecto a la variable dependiente representada por las notas de matemáticas y lenguaje en la ECE. Aquí se incluyen tres grupos de controles: (i) infraestructura del colegio, (ii) características de la planta docente y gestión del colegio, y (iii) características de prestación de servicios a nivel distrital. Para el caso de las regresiones (5) y (6) en las tablas 3 a 5, se incluyeron efectos fijos temporales.

A partir de la medición de cobertura eléctrica resultante de la primera etapa, se estima el impacto de la cobertura eléctrica sobre las notas de matemáticas y lenguaje con tres regresiones distintas. En las regresiones (1) y (2) por mínimos cuadrados generalizados (MCG), el efecto de la cobertura eléctrica en el rendimiento escolar es positivo y significativo al 1%. Estos estimadores, comparados con los obtenidos de la estimación 2SLS en (3) y (4), muestran que el sesgo presentado es negativo¹⁵. No obstante, los coeficientes son positivos y significativos en todas las regresiones. De las regresiones finales en (5) y (6) se obtienen dos resultados principales: una variación en un 1% de la cobertura eléctrica incrementa en un 0,14 y un 0,153% el rendimiento escolar promedio en los exámenes de matemáticas y lenguaje, respectivamente (tabla 3).

La tabla 3 también presenta las estimaciones utilizando la medición del grado de luminosidad. En las regresiones por MCG, un incremento del 1% en el grado de luminosidad del distrito incrementa en un 0,012 y un 0,014% el rendimiento escolar en matemáticas y lenguaje, respectivamente. Estos

¹⁵ El estimador MCG es inconsistente debido a que no utiliza la regresión de la primera etapa que incluye el instrumento. Por otro lado, la estimación 2SLS utiliza como regresor los valores predichos de la cobertura eléctrica y es una estimación en dos etapas.

estimados, comparados con los obtenidos de la estimación 2SLS, muestran que el sesgo presentado es negativo. De las regresiones finales en (5) y (6) se concluye que una variación en un 1% del grado de luminosidad incrementa en un 0,02% tanto el rendimiento escolar promedio en matemáticas como en lenguaje.

Tabla 3
Estimación 2SLS del efecto total

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje
Ln(Cobertura eléctrica)	0,0347***	0,0365***	0,127***	0,134***	0,14***	0,153***
Ln(Luminosidad)	0,0119***	0,0141***	0,0184***	0,0181***	0,0195***	0,0202***

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Segunda especificación: estimación de peers effect

La segunda especificación añade una variable dicotómica a la especificación anterior, que representa el acceso a electricidad de los alumnos del colegio. De esta forma, se busca separar el efecto total hallado con la primera especificación en: (1) el efecto directo del acceso a electricidad y (2) el impacto indirecto del incremento de la cobertura eléctrica del distrito sobre el rendimiento escolar (*peers effect*). Esta desagregación del efecto total es medida a partir de los coeficientes de las variables cobertura eléctrica y acceso a electricidad, respectivamente (tabla 4).

Ambos efectos fueron estimados inicialmente con la primera medición de cobertura eléctrica. En las estimaciones por MCG (columnas (1) y (2)), una variación en un 1% de la cobertura eléctrica incrementa en un 0,026 y un 0,027% el rendimiento escolar en matemáticas y lenguaje, respectivamente; mientras que en las estimaciones por 2SLS (columnas (5) y (6)) el incremento sería en un 0,123 y un 0,132%. El esperado sesgo negativo se observa al comparar los estimadores MCG con los obtenidos mediante la estimación 2SLS.

Y luego fueron estimados utilizando la aproximación de la cobertura eléctrica mediante el grado de luminosidad en el distrito. Las mencionadas columnas de la tabla 4 muestran que, en las estimaciones por MCG, una variación en un 1% del grado de luminosidad incrementa en un 0,009 y un 0,008% el rendimiento escolar en matemáticas y lenguaje, respectivamente; mientras que en las estimaciones por 2SLS el incremento sería de un 0,017%

y un 0,018%. A partir de ambas especificaciones de la cobertura eléctrica, se concluye que: en la primera especificación, el efecto total de la cobertura eléctrica sobre el rendimiento escolar promedio es positivo y significativo al 1%; y, en la segunda especificación, son positivos y significativos tanto el efecto directo como el indirecto del incremento del acceso a electricidad sobre el rendimiento escolar promedio en exámenes de matemáticas y de lenguaje. Cabe resaltar que, en la primera especificación, el efecto indirecto es mayor que el directo; mientras que, en la segunda, ocurre lo contrario (tabla 4).

Tabla 4
Estimación 2SLS del efecto parcial¹⁶

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje
Ln(Cobertura eléctrica)	0,0266***	0,0265***	0,0107***	0,0109***	0,0123***	0,132
Acceso a electricidad	0,0208***	0,0256***	0,0337***	0,0381***	0,0247***	0,0265
Ln(Luminosidad)	0,00901***	0,00839***	0,0148***	0,0154***	0,0169***	0,0175
Acceso a electricidad	0,024***	0,0307***	0,0349***	0,0387***	0,0344***	0,0344
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Dummies</i> temporales	No	No	No	No	Sí	Sí
Estimación	MCG	MCG	2SLS	2SLS	2SLS	2SLS

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Estimación de peers effects heterogéneos

Para poder estimar el efecto indirecto diferenciado por colegios que tienen acceso a electricidad y colegios sin este acceso, se plantea la siguiente especificación:

$$\ln(Y_{ijt}) = \alpha_t + \beta \ln(\widehat{E}_{jt}) + \lambda D_{ijt} + \delta \ln(\widehat{E}_{jt}) D_{ijt} + \theta X_{ijt} + \varepsilon_{ijt}$$

La interacción se realiza entre el acceso a la electricidad (D_{ijt}) y el valor de la cobertura eléctrica predicho en la estimación de la primera etapa ($\ln(\widehat{E}_{jt})$). El coeficiente β refleja el efecto indirecto del acceso a electricidad de los pares en el distrito para colegios sin acceso a electricidad ($D_{ijt} = 0$); y $\beta + \delta$ representa el mismo efecto para los colegios que sí cuentan con acceso a electricidad

¹⁶ Cabe precisar que los estimadores obtenidos para cobertura eléctrica y luminosidad no son comparables, debido a desfases en el tiempo de registro de estas variables en la base de datos.

($D_{ijt} = 1$). Por tanto, el coeficiente de δ se interpreta como el efecto indirecto marginal de los colegios con acceso a electricidad respecto a los colegios sin acceso a electricidad.

En la tabla 5 se observa que el *peers effect* para los alumnos de colegios sin acceso a electricidad es significativo y positivo, según el coeficiente asociado a la variable de cobertura eléctrica en las cuatro regresiones. Así, un incremento en un 1% del acceso a electricidad de los pares incrementa en un 0,190 y un 0,166% el rendimiento escolar de los alumnos de colegios sin acceso a electricidad en los cursos de matemáticas y lenguaje respectivamente.

Además, el coeficiente asociado a la interacción resulta negativo y significativo al 1% en las cuatro regresiones. Esto indica que el *peers effect* para colegios sin acceso a electricidad es mayor que para colegios con acceso a electricidad. Sin embargo, una limitación de la estimación utilizando la cobertura eléctrica es el coeficiente negativo o no significativo asociado al acceso a electricidad; el cual se esperaría que fuera significativo y positivo.

Para el caso de la luminosidad, la tabla 5 muestra un importante *peers effect* para alumnos de colegios sin acceso a electricidad, a quienes un incremento de un 1% en el grado de luminosidad del distrito les incrementa en un 0,0259 y un 0,0230% su rendimiento en matemáticas y lenguaje. Pero, para alumnos en colegios con acceso a electricidad, el efecto se reduce a un 0,0102% (0,0259-0,0157) y un 0,0122% (0,023-0,0108), respectivamente.

Tabla 5
Estimación 2SLS de los *peers effects* incluyendo una interacción

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje
Ln(Cobertura eléctrica)	0,0217**	0,0212**	0,190**	0,166**	0,219**	0,205**
Acceso a electricidad	0,027**	0,0323**	-0,0143	0,00493	-0,0303**	-0,0156*
Interacción	0,0136**	0,0147**	-0,0118*	-0,0815**	-0,135**	-0,103**
Ln(Luminosidad)	0,0143**	0,0125**	0,0259**	0,023**	0,03**	0,0269**
Acceso a electricidad	0,0119**	0,0213**	0,0105*	0,022**	0,00584	0,0137**
Interacción	-0,00802**	-0,00627**	-0,0157**	-0,0108**	-0,018**	-0,013**
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Dummies</i> temporales	No	No	No	No	Sí	Sí
Estimación	MCG	MCG	2SLS	2SLS	2SLS	2SLS

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Efectos heterogéneos por regiones

Por último, con el objetivo de evaluar la existencia de un efecto geográficamente diferenciado de la cobertura eléctrica, se separó la muestra de acuerdo con la región natural: Costa, Sierra y Selva. Esta subdivisión se sustenta en: (1) las diferencias marcadas en la geografía de cada región natural, que pueden afectar la provisión de electricidad a través de centrales de distribución, y (2) la concentración de colegios de la base de datos en la región Sierra y su poca representatividad en la Selva.

La geografía cumple un papel fundamental en la ubicación de las centrales de distribución eléctrica, por lo cual tiene un impacto sobre la distancia topográfica promedio entre el colegio y la central de distribución eléctrica más cercana. Así, la agreste geografía de la Sierra influye en que la mencionada distancia en esta región (29,09 kilómetros) sea más larga que en la Costa (20,56 kilómetros), pese a que en la Sierra hay más centrales de distribución eléctrica que en la Costa (véase el anexo 7). Y la Selva representa el caso en que dicha distancia es significativamente mayor (46,79 kilómetros) y está asociada a un número reducido de centrales de distribución eléctrica. De modo que la geografía y situación de la región exigen ajustes en nuestro instrumento empírico.

Para ello, debe tenerse en cuenta el número de observaciones (colegios) presentes en cada región natural. Así, mientras que la región Costa solo representa el 9,98% de la muestra y en la región Selva está el 33,16% de las observaciones; la Sierra, al albergar el 56,87% de los colegios censados en el período 2007-2016 (anexo 10), aparece como la región natural más representativa para nuestro estudio, cuyas características posiblemente influyen más en el comportamiento de las variables transmisoras del efecto promedio de la electrificación sobre el rendimiento escolar en la muestra de colegios evaluados.

En la tabla 6 están los resultados, por región, de la primera etapa de la estimación con base en la primera especificación planteada en la metodología. Para la Costa, el coeficiente relacionado con la cobertura eléctrica es positivo (aunque no significativo), a diferencia del hallado para toda la muestra (tabla 2) y de lo predicho por la literatura revisada. Pero el coeficiente relacionado con el grado de luminosidad sí concuerda con lo antes encontrado e interpretado, ya que es negativo y significativo.

Los coeficientes hallados para las regiones Sierra y Selva sí muestran los mismos predichos por la literatura. Así, un incremento del 1% en la distancia promedio produce una reducción del 0,0124% en la cobertura eléctrica de un distrito promedio de la Sierra, y produce una reducción mayor (0,125%) en la cobertura eléctrica de un distrito promedio de la Selva. Este patrón perdura en

la estimación mediante el grado de luminosidad, ya que el coeficiente de interés relacionado con la distancia entre la central y los colegios de la Selva (0,887) es mayor, en valor absoluto, que el coeficiente hallado en la Sierra (-0,437).

Tabla 6
Primera etapa de la estimación 2SLS para cada región natural

		(1)	(2)
		Ln(Cobertura Eléctrica)	Ln(Luminosidad)
	Costa	0,00196	-0,459***
Ln(Distancia)	Sierra	-0,0124**	-0,437***
	Selva	-0,125***	-0,887***

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

A partir de ello, se realizó la segunda etapa de la estimación por región, cuyos resultados muestra la tabla 7. En la Sierra, un incremento del 1% en la cobertura eléctrica aumenta significativamente el rendimiento promedio en matemáticas (0,354%) y lenguaje (0,502%); pero no es significativo el coeficiente relacionado con el efecto de un aumento en el grado de luminosidad sobre el rendimiento en matemáticas. En la Selva, todos los coeficientes de interés son positivos y significativos al 1%, para el rendimiento tanto en matemáticas como en lenguaje. Y se observa que el efecto total de la electrificación es mayor en la Sierra que en la Selva para la medición por cobertura eléctrica.

Mientras tanto, los resultados para la Costa contradicen lo encontrado en la primera etapa. Así, cuando se utiliza el grado de luminosidad como *proxy*, se obtienen coeficientes positivos y significativos al 5% o más; lo cual concuerda con el marco analítico. Y de la aproximación mediante cobertura eléctrica se obtienen coeficientes con signos negativos y significativos al 1%, tanto en la regresión sin *dummies* temporales como en la regresión que sí las incluye, lo cual no va acorde con lo esperado. Estos resultados se deberían a que las proyecciones de ambas variables, por haber sido construidas a partir del signo del coeficiente hallado en la primera etapa, distorsionaron el regresor y, por ende, el coeficiente de la segunda etapa.

Tabla 7
Estimación 2SLS del efecto total para cada región natural

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje
Ln(Cobertura eléctrica)	Costa	0,0249**	0,052***	-6,393***	-6,092***	-5,841***	-5,533***
	Sierra	0,014***	0,0257***	0,318**	0,487***	0,354***	0,502***
	Selva	0,0391***	0,0373***	0,126***	0,128***	0,149***	0,166***
Ln(Luminosidad)	Costa	0,00651***	0,0114***	0,0168**	0,0178***	0,0178**	0,0203***
	Sierra	0,00456***	0,00778***	0,00613*	0,0108***	0,00421***	0,00848***
	Selva	0,0208***	0,022***	0,0222***	0,0204***	0,247***	0,0245***
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<i>Dummies</i> temporales	No	No	No	No	Sí	Sí	Sí
Estimación		MCG	MCG	2SLS	2SLS	2SLS	2SLS

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

También realizamos las estimaciones para cada región de la segunda especificación planteada en la metodología, a fin de hallar heterogeneidades regionales del efecto directo (acceso a electricidad) e indirecto (*peers effect*) de la electrificación sobre el rendimiento escolar. Tal como se observa en la tabla 8, los coeficientes hallados para las regiones Sierra y Selva son congruentes con el marco analítico. En la Sierra, el efecto directo del acceso a electricidad muestra coeficientes positivos y significativos al 1%; y los coeficientes del efecto de los pares –mediante sus dos mediciones– sobre el rendimiento escolar son positivos y significativos al 1% en lenguaje y al menos al 10% en matemáticas. En la Selva, también son positivos los coeficientes del efecto directo y del indirecto, en ambos casos significativos al 1%. Y se observa que los efectos directos e indirectos (en sus dos mediciones) son mayores en la Sierra que en la Selva.

Sin embargo, tal como sucedió con la primera especificación, con la segunda también se obtienen resultados contraintuitivos para la región Costa, donde tienen signos negativos los coeficientes relacionados con el efecto indirecto de la electrificación sobre el rendimiento escolar. En términos de magnitud, el efecto indirecto de un aumento del grado de luminosidad sobre el rendimiento escolar en la Costa, tanto en matemáticas como en lenguaje, es mayor que los encontrados para las otras dos regiones.

Tabla 8
Estimación 2SLS del efecto parcial para cada región natural

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
		Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje	Matemáticas	Lenguaje
Ln(Cobertura eléctrica)	Costa	0,00988	0,0333***	-5,479***	-4,983***	-4,972**	-4,485***
	Sierra	0,00564*	0,0156***	0,286**	0,432***	0,341**	0,474***
	Selva	0,0324***	0,0292***	0,107***	0,105***	0,131***	0,145***
Acceso a electricidad	Costa	0,0291***	0,036***	0,0308***	0,0457***	0,0141*	0,0274***
	Sierra	0,0164***	0,0198***	0,0182***	0,0262***	0,00834***	0,0133***
	Selva	0,026***	0,0316***	0,0422***	0,0458***	0,0345***	0,036***
Ln(Luminosidad)	Costa	0,00352	0,00727***	0,0238***	0,022***	0,0262***	0,0234***
	Sierra	0,00295***	0,00217***	0,00746*	0,012***	0,00712*	0,0113***
	Selva	0,017***	0,0169***	0,0146***	0,015***	0,0173***	0,0184***
Acceso a electricidad	Costa	0,0146*	0,0263***	0,0339***	0,0476***	0,0347***	0,0453***
	Sierra	0,0103***	0,0205***	0,02***	0,0275***	0,0161***	0,0209***
	Selva	0,0331***	0,0381***	0,0426***	0,045***	0,0439***	0,0421***
Controles	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	
Dummies temporales	No	No	No	No	Sí	Sí	
Estimación	MCG	MCG	2SLS	2SLS	2SLS	2SLS	

Notas. * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Limitaciones

Esta investigación aporta una estimación preliminar del efecto de la cobertura eléctrica sobre el rendimiento escolar. Pero su diseño adolece de tres limitaciones relacionadas con las fuentes utilizadas. En primer lugar, el principal problema es la nula disponibilidad de datos acerca del acceso a electricidad a nivel del alumno. Por esta razón, hemos utilizado los colegios como unidades de análisis. Este hecho limita el estudio del efecto de interés, ya que se estima un coeficiente del efecto promedio por colegio asumiendo un estudiante representativo de cada colegio para relacionar la estimación y los mecanismos de transmisión expuestos.

En segundo lugar, las bases de datos disponibles en el país no contienen información de la cobertura eléctrica a nivel distrital. Por ello, para este trabajo hemos tenido que formular un coeficiente de cobertura eléctrica representativo por distrito a partir de dos fuentes indirectas y bajo supuestos oportunamente

explicados, que distorsionan en parte el coeficiente utilizado. No obstante, hemos demostrado que el efecto calculado en este trabajo y el efecto real tienen el mismo signo.

En tercer lugar, el instrumento planteado en este trabajo requiere que el sector eléctrico sea en su mayoría dependiente de las centrales eléctricas de distribución. Dada la relevancia del Sistema Eléctrico Interconectado Nacional en la provisión de este servicio en la zona rural durante nuestro período de análisis (2007-2016), hemos utilizado coherentemente las centrales eléctricas de distribución para el cálculo de nuestro instrumento. Pero este instrumento perdería validez si el sector eléctrico peruano evoluciona hacia la generación eléctrica mediante energías renovables o cogeneración (véase el anexo 6). En dicho caso, nuestro trabajo no se podría repetir tal cual para futuros períodos de análisis.

Conclusiones

Los resultados comprueban que la cobertura eléctrica, medida como el porcentaje de alumnos con acceso a electricidad en el distrito, tiene un efecto positivo y significativo sobre el rendimiento escolar en todas nuestras especificaciones empíricas, lo cual va acorde con la teoría económica y la revisión de literatura efectuada. Asimismo, el uso del grado de luminosidad como aproximación de cobertura eléctrica también muestra indicios de un efecto positivo y significativo en todas las regresiones realizadas.

Además, de la estimación del efecto indirecto de la cobertura eléctrica controlando por acceso a electricidad obtuvimos coeficientes positivos y significativos en todas las regresiones realizadas. Ello nos permite concluir que sí existe un efecto positivo y significativo del incremento del acceso a electricidad de los pares sobre el rendimiento escolar del estudiante promedio del distrito. Este resultado corrobora la literatura revisada sobre *peers effects* en educación, explicativos del positivo impacto indirecto que el incremento del rendimiento escolar de los pares tiene sobre el rendimiento escolar de otros estudiantes en el mismo colegio. Adicionalmente, la estimación de la interacción entre la cobertura eléctrica y el acceso a electricidad nos permite concluir que el efecto indirecto (*peers effect*) es mayor para los alumnos de colegios sin acceso a electricidad, debido a que el signo negativo y significativo del coeficiente de esa interacción indica que dicho efecto indirecto se reduce para los colegios con acceso a electricidad.

Y hemos completado nuestro trabajo con un análisis por región natural, dividiendo los colegios evaluados según la región natural en que están ubicados. De este encontramos que el efecto directo e indirecto de la cobertura eléctrica

sobre el rendimiento escolar es generalmente mayor en la región Sierra que en las otras regiones naturales (Costa y Selva). No obstante, los coeficientes hallados para los colegios de la Costa no son consistentes con la teoría, ni en la primera ni en la segunda etapa de nuestra estimación.

Referencias

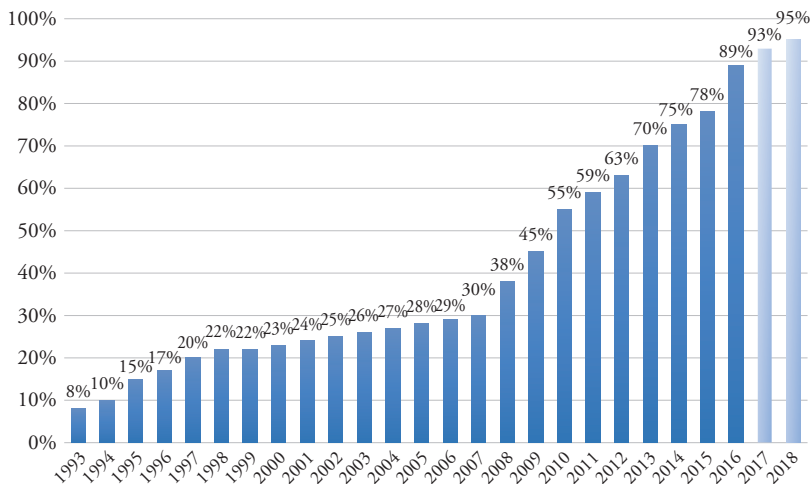
- Aguirre, J. (2017). The impact of rural electrification on education: A case study from Peru. *The Lahore Journal of Economics*, 22(1), 91-108. ISSN 1811-5438.
- Akpanjar, G., & Kitchens, C. (2017). From darkness to light: The effect of electrification in Ghana, 2000-2010. *Economic Development and Cultural Change*, 66(1), 31-54. <https://doi.org/10.1086/693707>
- Arraiz, I., & Calero, C. (2015). *From candles to light: The impact of rural electrification*. IDB Working Paper n.º IDB-WP-599. Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/es/publicacion/12225/candles-light-impact-rural-electrification>
- Barrón, M., & Torero, M. (2014). *Electrification and time allocation: Experimental evidence from Northern El Salvador*. MPRA Paper 63782. https://mpra.ub.uni-muenchen.de/63782/1/MPRA_paper_63782.pdf
- Beltrán, A., & La Serna, C. (2009). ¿Cuán relevante es la educación escolar en el desempeño universitario? Documento de Trabajo 85. Universidad del Pacífico – Centro de Investigación. <https://repositorio.up.edu.pe/handle/11354/418>
- Bensch, G., Kluge, J., & Peters, J. (2011). Impacts of rural electrification in Rwanda. *Journal of Development Effectiveness*, 3(4), 567-588. <https://doi.org/10.1080/19439342.2011.621025>
- Bernard, T. (2012). Impact analysis of rural electrification projects in Sub-Saharan Africa. *World Bank Research Observer*, 27(1), 33-51. <https://doi.org/10.1093/wbro/lkq008>
- Boud, D., Cohen, R., & Sampson, J. (1999). Peers learning and assessment. Assessment and evaluation. *Higher Education*, 24(4), 413-426. <https://doi.org/10.1080/0260293990240405>
- Dammert, A., Gallardo, J., & García, R. (2005). *Reformas estructurales en el sector eléctrico peruano*. Documento de Trabajo n.º 5. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía. <http://www.osinerg.gob.pe/investigacion>
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. (2011). *Fundamentos técnicos y económicos del sector eléctrico peruano*. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. https://www.osinergmin.gob.pe/.../centro_documental/.../Libro_Fundamentos_Técnicos_Economicos_Sector_Electrico_Peruano.pdf
- Dasso, R., Fernandez, F., & Ñopo, H. (2015). The effects of electrification on employment in rural Peru. *IZA Journal of Labor and Development*, 4(6). <https://doi.org/10.1186/s40175-015-0028-4>

- Dinkelman, T. (2011). The effects of rural electrification on employment: New evidence from South Africa. *American Economic Review*, 101(7), 3078-3108. <https://doi.org/10.1257/aer.101.7.3078>
- Duflo, E., Dupas, P., & Kremer, M. (2011). Peers effects, teacher incentives, and the impact of tracking: evidence from a randomized evaluation in Kenya. *American Economic Review*, 101(5), 1739-1774. <https://doi.org/10.1257/aer.101.5.1739>
- Gallardo, J., García, R., & Pérez-Reyes, R. (2005). *Determinantes de la inversión en el sector eléctrico peruano*. Documento de Trabajo n.º 3. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía – Oficina de Estudios Económicos. https://www.osinergmin.gob.pe/.../centro_documental/.../Documento_de_Trabajo_03.pdf
- Greene, W. (2012). *Econometric analysis* (7.ª ed.). Pearson. ISBN-13 9780131395381. <https://www.pearson.com/us/higher-education/product/Greene-Econometric-Analysis-7th-Edition>
- Han, L., & Li, T. (2009). The gender difference of peers influence in higher education. *Economics of Education Review*, 28(1), 129-134. <https://doi.org/10.1016/j.econedurev.2007.12.002>
- Khandker, S. R., Barnes, D. F., & Samad, H. A. (2012). The welfare impacts of rural electrification in Bangladesh. *The Energy Journal*, 33(1), 187-206. <https://www.jstor.org/stable/41323350>
- Khandker, S. R., Barnes, D. F., & Samad, H. A. (2013). Welfare impacts of rural electrification: A panel data analysis from Vietnam. *Economic Development and Cultural Change*, 61(3), 659-692. <https://doi.org/10.1086/669262>
- Khandker, S. R., Samad, H. A., Ali, R., & Barnes, D. F. (2014). Who benefits most from rural electrification? Evidence in India. *The Energy Journal*, 35(2), 75-96. <https://doi.org/10.5547/01956574.35.2.4>
- Lee, K., Miguel, E., & Wolfram, C. D. (2017). *Electrification and economic development: A microeconomic perspective*. EEG State-of-Knowledge Paper, n.º 1:2. Energy and Economic Growth-Applied Research Program. <https://escholarship.org/uc/item/6bd7t9ng>
- Lucas, R. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of Monetary Economics*, 22(1), 3-4. doi: 10.1016/0304-3932(88)90168-7
- MEM (Ministerio de Energía y Minas). (2015). *Plan Nacional de Electrificación Rural 2016-2025*. Ministerio de Energía y Minas. http://dger.minem.gob.pe/Proyectos_pner2016.aspx
- MEM (Ministerio de Energía y Minas). (31 de julio de 2018a). *Resolución Ministerial N.º 292-2018 MEM/DM que autoriza publicación de Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida*. <https://elperuano.pe/normaslegales/autorizan-publicacion-de-proyecto-de-decreto-supremo-que-apr-resolucion-ministerial-no-292-2018-memdm-1675717-1/>
- MEM (Ministerio de Energía y Minas). (1 de agosto de 2018b). *Proyecto de Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de la Generación Distribuida*. <https://autosolar.pe/pdf/Reglamento-peru-agosto-2018.pdf>

- Minedu (Ministerio de Educación). (2015). *Resultados de la Evaluación Censal de Estudiantes*. Ministerio de Educación. <http://umc.minedu.gob.pe/evaluaciones-censales/>
- Osinerghmin (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). (2016). *La industria de la electricidad en el Perú*. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. https://www.osinerghmin.gob.pe/.../centro_documental/Institucional/.../Libros/Osinerghmin-Industria-Electricidad-Peru-25anios.pdf
- Osinerghmin (Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería). (2018). *Generación distribuida: marco normativo comparado para Perú, Chile, Colombia y México*. Reporte de Análisis Económico Sectorial-Electricidad, año 6, n.º 11. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería. https://www.osinerghmin.gob.pe/.../centro_documental/Institucional/.../RAES-Electricidad-diciembre-2018-GPAE-OS.pdf
- Sacker, A., Schoon, I., & Bartley, M. (2002). Social inequality in educational achievement and psychosocial adjustment throughout childhood: Magnitude and mechanisms. *Social Science and Medicine*, 55(5), 863-880. [https://doi.org/10.1016/S0277-9536\(01\)00228-3](https://doi.org/10.1016/S0277-9536(01)00228-3)
- Singh, K., Bickley, P., Trivette, P., & Keith, T. (1995). The effects of four components of parental involvement on eighth-grade student achievement: Structural analysis of NELS-88 data. *School Psychology Review*, 24(2), 299-317. <https://doi.org/10.1080/102796015.1995.12085769>
- Stern, D., Burkes, P., & Bruns, S. (2017). *The impact of electricity on economic development: A macroeconomics perspective*. *Energy and economic growth*. EEG State-of-Knowledge Paper, n.º 1:1. Energy and Economic Growth-Applied Research Program. <https://escholarship.org/uc/item/7jb0015q>
- Urrunaga, R., Bonifaz, J. L., Aguirre, J., Aragón, G., & Jara, Ó. (2013). *Beneficios sociales de la electrificación rural*. Documento de Trabajo 91. Universidad del Pacífico – Centro de Investigación. <http://hdl.handle.net/11354/1961>
- Van de Walle, D., Ravallion, M., Mendiratta, V., & Koolwal, G. (2013). *Long-term impacts of household electrification in rural India*. World Bank Policy Research Working Paper N.º 6527. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6527>
- Vásquez, A., Tamayo, J., Vilches, C., & Chávez, E. (2016). *La regulación del sector de energía*. Documento de Trabajo N.º 40. Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minería – Gerencia de Políticas y Análisis Económico. https://www.osinerghmin.gob.pe/.../centro_documental/.../Documento-Trabajo-40.pdf
- Zimmerman, D. J. (2003). Peers effects in academic outcomes: Evidence from a natural experiment. *Review of Economics and Statistics*, 85(1), 9-23. <https://doi.org/10.1162/003465303762687677>

Anexos

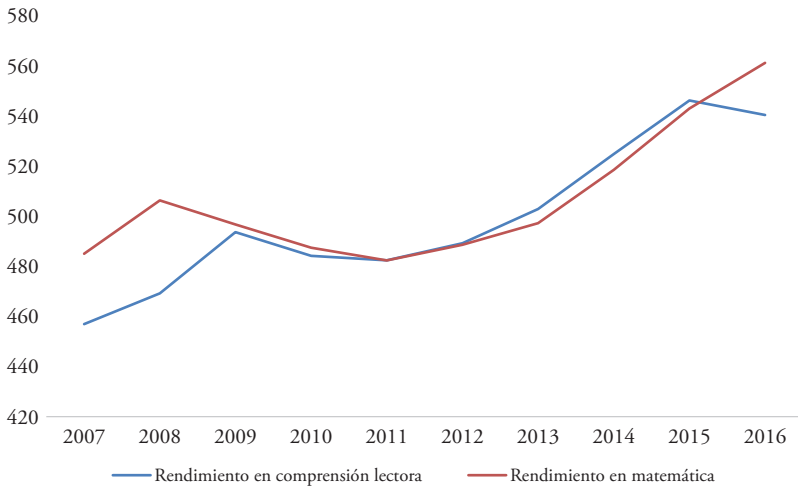
Anexo 1: Evolución de la cobertura eléctrica rural en el Perú, 1993-2018



Nota. * Las cifras de la cobertura para los años 2017 y 2018 son proyecciones hechas por el Plan Nacional de Electrificación Rural (PNER).

Fuente: elaboración propia con datos de Osinermin.

Anexo 2: Evolución del rendimiento escolar en comprensión lectora y matemática en el ámbito rural, 2007-2016



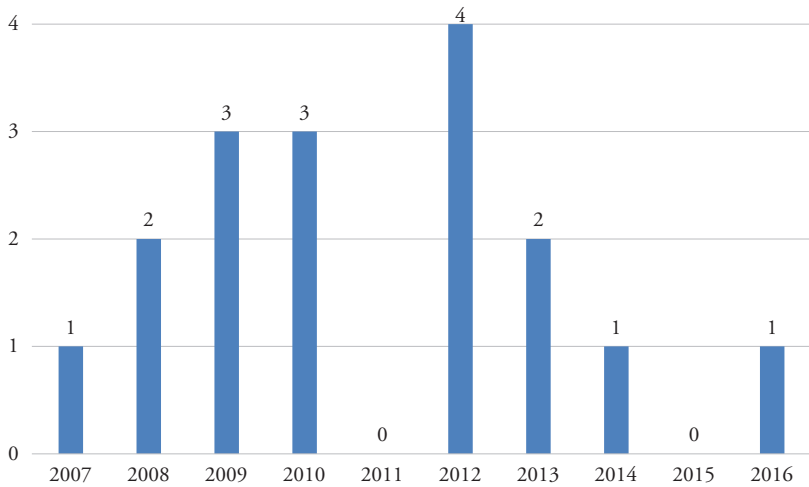
Fuente: elaboración propia con datos de la Evaluación Censal de Estudiantes (Minedu).

Anexo 3: Evidencia empírica sobre el primer mecanismo de transmisión

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	Ln(Ingreso por hora)	Ln(Ingreso por hora)	Ln(Ingreso)	Ln(Ingreso)	Ln(Horas trabajadas)	Ln(Horas trabajadas)
Ln(Cobertura eléctrica)	0,0241 (0,419)		-0,0182 (0,489)		0,0147** (0,039)	
Ln(Luminosidad)		0,158*** (0,000)		0,128*** (0,000)		-0,0140*** (0,000)
Constante	2,812*** (0,000)	2,740*** (0,000)	6,201*** (0,000)	6,116*** (0,000)	3,439*** (0,000)	3,428*** (0,000)
Observaciones	6.015	5.069	6.015	5.069	6.219	5.284
Estimación	Efectos fijos					

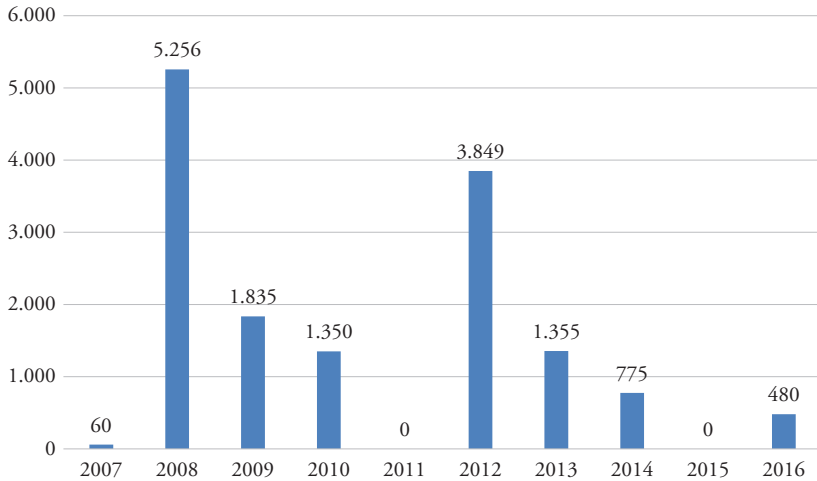
Notas. *p-values* entre paréntesis: * $p < 0,10$, ** $p < 0,05$, *** $p < 0,01$.

Anexo 4: Número de proyectos de electrificación rural relacionados con paneles fotovoltaicos en ejecución en el Perú, 2007-2016



Fuente: elaboración propia con datos del MEM.

Anexo 5: Número de beneficiarios por proyectos de electrificación rural relacionados con paneles fotovoltaicos en el Perú, 2007-2016



Fuente: elaboración propia con datos del MEM.

Anexo 6: Descripción de la provisión de electricidad entre los años 2007 y 2016

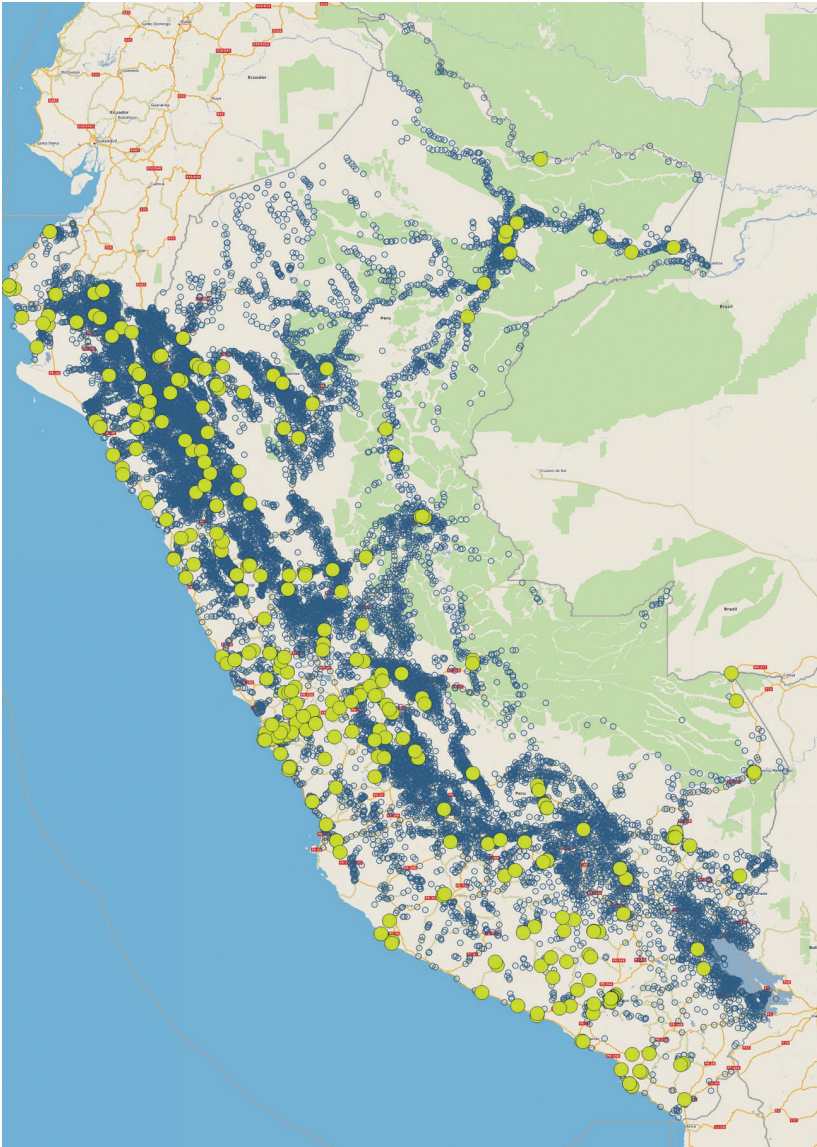
La provisión del recurso se produce mediante tres fases: generación, transmisión y distribución. En primer lugar, la etapa de **generación** consiste en la conversión de un tipo de energía a energía eléctrica. Entre los tipos más conocidos, se encuentran la hidráulica (energía cinética y fuerza gravitatoria del agua) y la térmica, mediante la quema de combustibles como el diésel, carbón y gas. Existen formas no convencionales de producir electricidad, como la generación nuclear, eólica, solar (paneles fotovoltaicos) o geotérmica. Cabe resaltar que esas formas de generación se producen en una **central eléctrica**, desde la cual se transmite a hogares y empresas mediante líneas de transmisión (Gallardo, García, & Pérez-Reyes, 2005).

No obstante, existe una forma de generación llamada **cogeneración o generación distribuida**, la cual consiste en la conversión de la energía, principalmente térmica, generada por procesos productivos industriales o domésticos, en energía eléctrica. La ventaja de este tipo de generación es la conexión directa entre la generación y las redes de distribución, lo cual reduce el uso de redes de transmisión, los costos respectivos y el congestionamiento en dichas redes (Osinergmin, 2018). Durante el período de análisis, este proceso no fue regulado por los organismos competentes, por lo que no es posible tener cifras de su importancia en el mercado. Pero el Minem contempla la elaboración de un marco normativo para desarrollar esta práctica (MEM, 2018a, 2018b).

En segundo lugar, la etapa de **transmisión** consiste en el uso de redes para transportar la electricidad desde los centros de producción hacia los centros de distribución. Este proceso es complejo, ya que el sistema de transmisión se compone de líneas de alta o muy alta tensión, subestaciones de transformación, centros de control, instalaciones de compensación reactiva y otras instalaciones asociadas. Asimismo, esta etapa cuenta con cuatro subetapas, las cuales transforman la electricidad de alta tensión a una de mediana o baja tensión, disponible para el consumo industrial o de los hogares (Dammert, Molinelli, & Carbajal, 2011).

Por último, la etapa de **distribución** consiste en el transporte del suministro de energía eléctrica desde el sistema de transmisión hacia uno de los usuarios finales del servicio. Dicho transporte parte de una central de distribución y la electricidad es transportada mediante un sistema de redes. Este debe ser construido de tal forma que sea lo más eficiente y seguro para los individuos cercanos al sistema de redes (Dammert *et al.*, 2011).

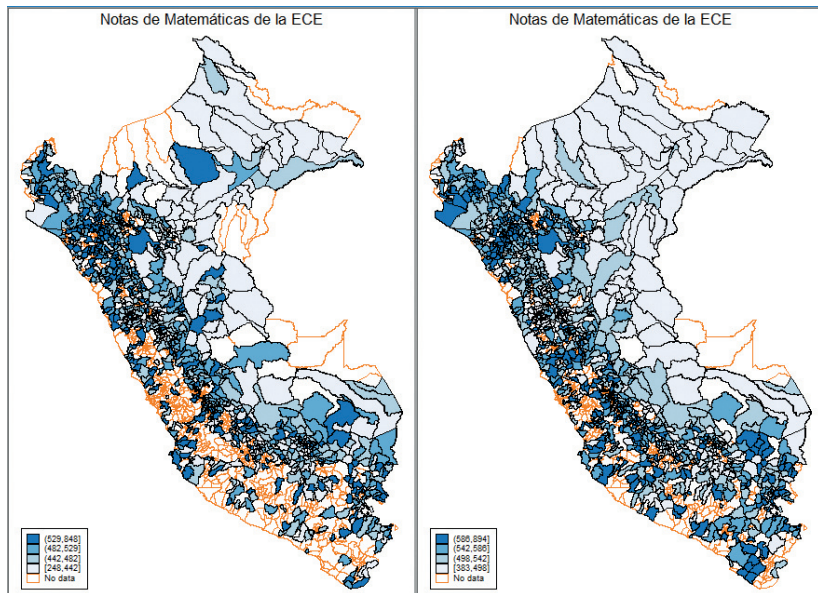
Anexo 7: Mapa de colegios y centrales eléctricas de distribución, Perú



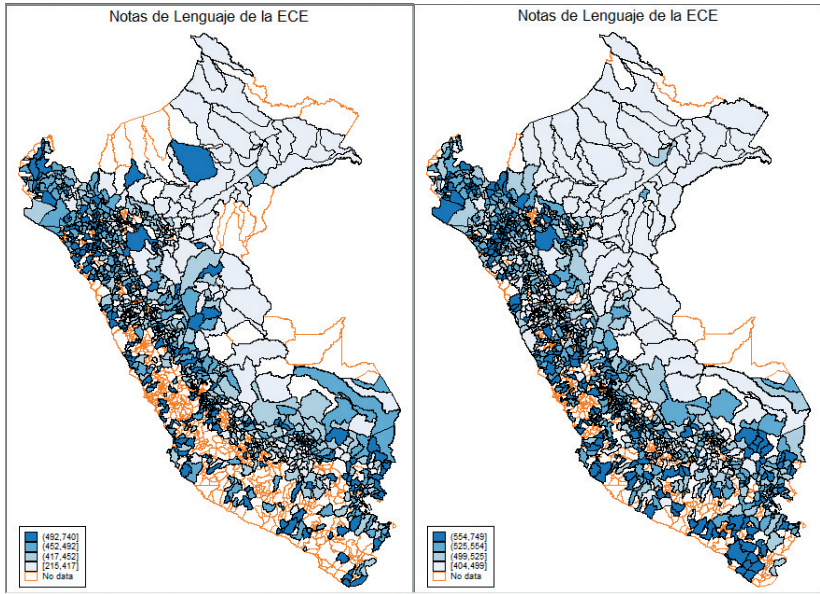
Nota. * Colegios (azul) y centrales eléctricas de distribución (amarillo).
Fuentes: elaboración propia con datos de Osinergrin y del Minedu.

Anexo 8: Mapeo de distribución de notas y cobertura

Mapa de distribución en cuartiles de las notas de matemáticas para 2007 (izquierda) y 2016 (derecha)

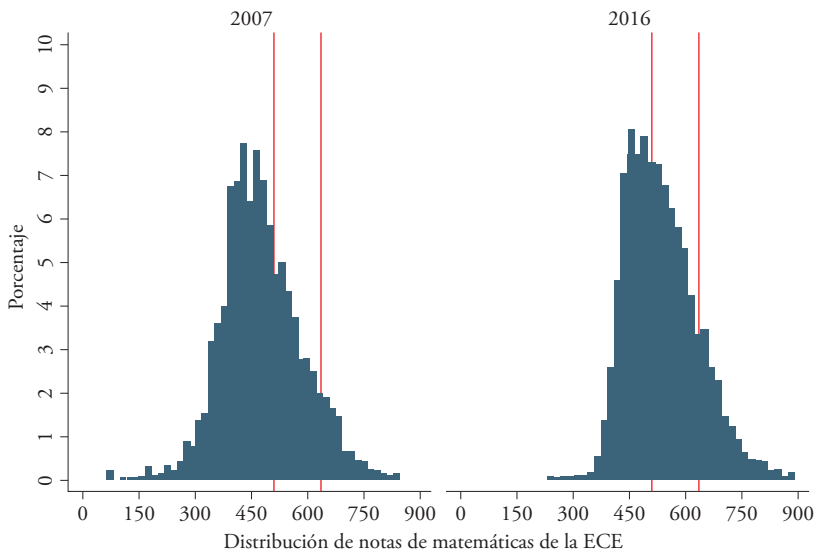


Mapa de distribución en cuartiles de las notas de lenguaje para 2007 (izquierda) y 2016 (derecha)

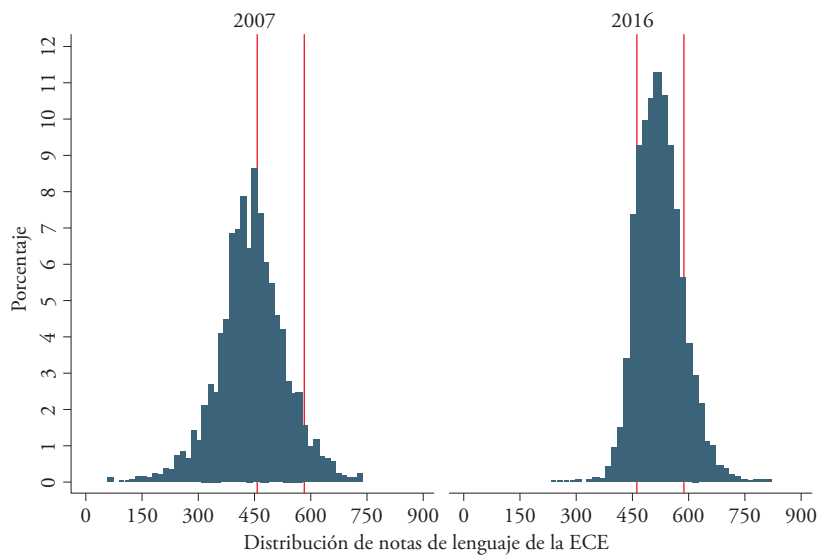


Fuente: Evaluación Censal de Estudiantes (Minedu).

Anexo 9: Distribución de notas en matemáticas y lenguaje, 2007 y 2016



Las líneas rojas representan notas de 512 y 638 que dividen los logros académicos en: en inicio, en proceso y satisfactorio.



Las líneas rojas representan notas de 458 y 583 que dividen los logros académicos en: en inicio, en proceso y satisfactorio.

Fuente: elaboración propia con datos de la Evaluación Censal de Estudiantes (Minedu).

Anexo 10: Colegios por departamento y en zona rural

Departamento	Número de colegios	Porcentaje en zona rural
Amazonas	744	3,87
Áncash	1.062	5,53
Apurímac	589	3,07
Arequipa	196	1,02
Ayacucho	731	3,81
Cajamarca	2.879	14,99
Cusco	1.229	6,40
Huancavelica	771	4,01
Huánuco	1.367	7,12
Ica	130	0,68
Junín	1.196	6,23
La Libertad	1.152	6,00
Lambayeque	459	2,39
Lima	417	2,17
Loreto	1.729	9,00
Madre de Dios	86	0,45
Moquegua	39	0,20
Pasco	408	2,12
Piura	1.352	7,04
Puno	1.172	6,10
San Martín	981	5,11
Tacna	32	0,17
Tumbes	50	0,26
Ucayali	437	2,28
Total	19.208	100,00

Fuente: elaboración propia con datos del Censo Escolar (Minedu).