



Documento de trabajo del BID # IDB-WP-304

Tecnología y desarrollo en la niñez:

Evidencia del programa Una Laptop por Niño

Julián P. Cristia
Pablo Ibararán
Santiago Cueto
Ana Santiago
Eugenio Severín

Octubre 2012

Banco Interamericano de Desarrollo
Departamento de Investigación y Economista Jefe

Tecnología y desarrollo en la niñez:

Evidencia del programa Una Laptop por Niño

Julián P. Cristia*
Pablo Ibararán**
Santiago Cueto***
Ana Santiago*
Eugenio Severín*

* Banco Interamericano de Desarrollo

** Banco Interamericano de Desarrollo e IZA

*** Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)



Banco Interamericano de Desarrollo

2012

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo

Tecnología y desarrollo en la niñez : Evidencia del programa Una Laptop por Niño / Julián P. Cristia ... [et al.].

p. cm. (IDB working paper series ; 304)

Includes bibliographical references.

1. Educational technology—Peru. 2. Education, Elementary—Peru. I. Cristia, Julián P. II. Ibararán, Pablo. III. Cueto, Santiago, 1960-. IV. Santiago, Ana. V. Severín, Eugenio. VI. Inter-American Development Bank. Research Dept. VII. Series.

<http://www.iadb.org>

Las opiniones expresadas en esta publicación son exclusivamente de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.

Se prohíbe el uso comercial no autorizado de los documentos del Banco, y tal podría castigarse de conformidad con las políticas del Banco y/o las legislaciones aplicables.

Copyright © 2012 Banco Interamericano de Desarrollo. Este documento de trabajo puede reproducirse para fines no comerciales. Puede también reproducirse en cualquier revista académica indizada en el EconLit de la Asociación Americana de Economía, con el consentimiento previo del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), siempre y cuando se reconozca la autoría del Banco y el autor o autores del documento no hayan percibido remuneración alguna derivada de la publicación.

Resumen¹

Aunque muchos países están implementando masivamente el programa Una Laptop por Niño (OLPC, por sus siglas en inglés), hay poca evidencia empírica de sus efectos. En este trabajo se presentan los resultados de la primera evaluación aleatoria a gran escala del programa mencionado, utilizando datos recolectados tras 15 meses de implementación en 319 escuelas primarias de zonas rurales de Perú. Los resultados indican que el programa aumentó el número de computadoras por estudiante de 0,12 a 1,18 en las escuelas beneficiarias. Esta expansión en el acceso se tradujo en un aumento considerable del uso de las computadoras tanto en la escuela como en el hogar. No se encontró evidencia de efectos sobre la matrícula ni el rendimiento académico en matemática y lenguaje. Sin embargo, sí se hallaron algunos efectos positivos en habilidades cognitivas generales, medidas con las Matrices Progresivas de Raven, con un test de fluidez verbal y con una prueba de códigos.

Códigos JEL: C93, I21, I28

Palabras clave: Educación, Tecnología, Experimentos

¹ Este proyecto es el resultado del esfuerzo conjunto de numerosas personas. Queremos agradecer especialmente a Jennelle Thompson (BID) por su valioso aporte. El proyecto no habría podido materializarse sin la colaboración ni el compromiso de la Dirección General de Tecnologías Educativas del Ministerio de Educación de Perú. Agradecemos a quien fue su director durante la época del estudio, Oscar Becerra, y a su equipo: Carmen Álvarez, Víctor Castillo, Marushka Chocobar y Hugo Valdez. Muchas otras personas del Ministerio de Educación también contribuyeron con el proyecto, entre ellas: Andrés Burga, Liliana Miranda, Germán Reaño y Patricia Valdivia. Haydee Alonso, Nicolás Botta, Olga Namen y Cecilia Peluffo hicieron un excelente trabajo como asistentes de investigación. Por su parte, Andrea Baertl, Carla Jiménez, Scott Kipp, Luis Daniel Martínez, Enrique Mayorga, Elizabeth Rosales, Cristian Sánchez, Elisa Seguí, Sebastián Silva, Claudia Sugimaru, Juan Miguel Villa, Verónica Villarán y Federico Volpino desempeñaron un papel significativo en diferentes aspectos del proyecto. También reconocemos los excelentes comentarios y sugerencias de Carola Álvarez, Manuela Angelucci, Joshua Angrist, Yetilu de Baeza, Jere Behrman, Samuel Berlinski, Matías Busso, Marcelo Cabrol, David Card, Esther Duflo, Pascaline Dupas, Suzanne Duryea, Pat Engle, Rita Funaro, Dean Karlan, Leigh Linden, Eduardo Lora, Ofer Malamud, Uttam Sharma, Mike Trucano, Dean Yang, Hiro Yoshikawa y de los participantes del 2011 Northeastern University Development Consortium, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Universidad de Chicago y la Universidad de Notre Dame. Finalmente, agradecemos al Departamento de Psicología de la Pontificia Universidad Católica del Perú, a TEA Ediciones y al Instituto Cuanto por sus aportes al proyecto. Los puntos de vista expresados en este trabajo corresponden a sus autores y no deben atribuírsele al BID.

1. Introducción

El programa Una Laptop por Niño (OLPC, por sus siglas en inglés) tiene como objetivo mejorar el aprendizaje en las regiones más pobres del mundo por medio de la entrega de laptops a los niños para que las utilicen en la escuela y el hogar.² Desde sus inicios el programa se ha implementado en 36 países y se han distribuido más de dos millones de laptops. A tal efecto se han invertido considerables recursos, ya que cada laptop cuesta alrededor de US\$200, en comparación con los US\$48 y los US\$555 que se gastan al año por cada alumno de escuela primaria en los países de ingresos bajos y medios, respectivamente (Glewwe y Kremer, 2006). Sin embargo, existe poca evidencia sólida de la efectividad de este programa.

En este documento se presentan los resultados de la primera evaluación aleatoria a gran escala del programa OLPC. La muestra incluye 319 escuelas públicas de comunidades pequeñas y pobres de las zonas rurales de Perú, el país que ha implementado el programa a mayor escala. A fin de estimar si el aumento en el acceso a las computadoras afectó la acumulación de capital humano, se utilizaron datos recolectados después de 15 meses de implementación. Las principales variables de resultado del estudio incluyen el desempeño académico en matemática y lenguaje, y las habilidades cognitivas medidas con las Matrices Progresivas de Raven, con un test de fluidez verbal y con una prueba de códigos.³ La motivación para explorar los impactos sobre las habilidades cognitivas surge de estudios que sugieren que el uso de computadoras puede aumentar el desempeño en estos tests, además de la fuerte relación documentada entre los puntajes en estas pruebas y resultados posteriores en el rendimiento escolar y en el trabajo (Maynard, Subrahmanyam y Greenfield, 2005; Malamud y Pop-Eleches, 2011; Neisser et al., 1996). Por otra parte, el *software* instalado en las laptops contiene juegos y aplicaciones que podrían no estar directamente alineados con la matemática y el lenguaje, pero que tendrían el potencial de producir mejoras en las habilidades cognitivas generales.

Nuestros resultados indican que el programa aumentó enormemente el acceso a las computadoras. Al realizarse la encuesta de seguimiento, había 1,18 computadoras por estudiante en el grupo de tratamiento, en comparación con 0,12 en las escuelas de control. Este incremento

² La base del programa es la laptop XO. Esta laptop ha sido específicamente diseñada para el aprendizaje en ambientes con ciertas limitaciones. Es económica, fuerte, liviana, requiere bajo consumo de energía y trae algunas aplicaciones estándares, juegos educativos y libros electrónicos. Se parte de la hipótesis de que la interacción intensa con la tecnología resultará en un cambio radical positivo del ambiente al cual está expuesto el niño.

³ El test de Raven tiene como objetivo medir el razonamiento abstracto no verbal, el test de fluidez verbal trata de evaluar las funciones del lenguaje y el test de códigos mide la velocidad de procesamiento y la memoria operativa.

en el acceso puede explicar las diferencias sustanciales en el uso. El 82% de los estudiantes del grupo de tratamiento dijo haber usado una computadora en la escuela la semana anterior, en comparación con el 26% de los alumnos del grupo de control. Los efectos sobre el empleo de las computadoras en el hogar también son importantes: el 42% de los estudiantes del grupo de tratamiento dijo haber utilizado una computadora en su casa la semana anterior, mientras que esto solo lo afirmó el 4% de los alumnos del grupo de control. Asimismo, la mayor parte de los estudiantes del grupo de tratamiento demostró ser competente en el manejo de las laptops para las tareas relacionadas con la operación de aplicaciones básicas (por ejemplo, un procesador de texto) y la búsqueda de información en la computadora. El uso de Internet se vio limitado porque prácticamente ninguna de las escuelas que participó en el estudio tenía acceso. Respecto de los resultados educativos, no encontramos evidencia de que el programa aumentara el aprendizaje de matemática o lenguaje. El efecto estimado sobre la puntuación promedio en estas áreas es de 0,003 desviaciones estándar, y el error estándar asociado es de 0,055.

Para explorar este resultado analizamos si ciertos canales de impacto potenciales estaban operando. Primero, el tiempo asignado a las actividades directamente relacionadas con la escuela no parece haber cambiado, pues el programa no afectó la asistencia ni el tiempo asignado a hacer tareas. Segundo, no hay evidencia de que la utilización de computadoras haya aumentado la motivación de los niños en las tareas escolares. Tercero, no encontramos evidencia que el programa haya tenido influencia sobre los hábitos de lectura. Esto tal vez sea sorprendente, si se tiene en cuenta que el programa aumentó considerablemente el acceso de los estudiantes a los libros: las laptops tenían incorporados 200 libros y solo el 26% de los estudiantes del grupo de control tenía más de cinco libros en sus casas. Finalmente, el programa no parece haber afectado la calidad de la instrucción en el aula. Los datos obtenidos de los registros del historial de las computadoras muestran que una parte importante del uso de las laptops está dirigida a actividades que pueden tener poco efecto sobre los resultados educativos (procesador de texto, calculadora, juegos, música y grabación de sonido y video). Una evaluación cualitativa paralela del programa sugiere que la introducción de las computadoras produjo, en el mejor de los casos, cambios modestos en las prácticas pedagógicas (Villarán, 2010). Esto podría deberse a la falta de *software* en las laptops que esté directamente relacionado con la matemática y el lenguaje, y a la ausencia de instrucciones claras para los profesores acerca de qué actividades usar para alcanzar metas curriculares específicas.

Nuestros resultados indican algunos beneficios en las habilidades cognitivas. En las tres dimensiones evaluadas, los estudiantes del grupo de tratamiento sobrepasan a los del grupo de control en entre 0,09 y 0,13 desviaciones estándar, aunque la diferencia sólo es estadísticamente significativa al 10% para el test de Matrices Progresivas de Raven (valor-p 0,055). Aún así, los efectos son cuantitativamente importantes. El impacto estimado en fluidez verbal representa la mejoría que se puede esperar en un niño durante seis meses.⁴ De manera similar, el impacto estimado de los tests de códigos y Raven representa aproximadamente la mejoría que tendría un niño durante cinco y cuatro meses, respectivamente. Resumimos los efectos sobre las habilidades cognitivas elaborando una variable que promedia los tres tests mencionados. Los resultados indican un impacto positivo de 0,11 desviaciones estándar, que correspondería a la mejoría esperada en cinco meses (valor-p 0.068).

Esta investigación tiene relación directa con dos estudios no experimentales que han usado estrategias de diferencias-en-diferencias para evaluar el impacto del programa OLPC sobre los efectos académicos y han encontrado resultados contradictorios. Sharma (2012) examina el efecto de una pequeña prueba piloto que beneficiaba a estudiantes de tres grados en 26 escuelas de Nepal, y observa efectos negativos estadísticamente significativos sobre el lenguaje pero no encuentra evidencia de impactos en matemática. Por su parte, Ferrando et al. (2011) exploran los efectos sobre 27 escuelas que participaron en el programa OLPC en Uruguay, y hallan efectos positivos estadísticamente significativos tanto en matemática como en lenguaje.

Nuestro trabajo está enmarcado en una literatura creciente la cual utiliza estrategias de identificación más creíbles para evaluar los efectos del uso de la computadora sobre la acumulación de capital humano. Algunos de estos estudios han evaluado el efecto de programas públicos que aumentan el acceso a las computadoras y a otras herramientas relacionadas en las escuelas y han comprobado que normalmente no hay impactos en matemática y lenguaje (Angrist y Lavy, 2002; Leuven et al., 2007; Machin, McNally y Silva, 2007; Barrera-Osorio y Linden, 2009). Un segundo grupo de trabajos ha explorado los efectos de dar acceso a los estudiantes a un *software* académico especialmente diseñado para el aprendizaje y en algunos

⁴ El niño promedio de sexto (segundo) grado en el grupo de control logra 15,9 (7,1) respuestas correctas en esta prueba. Por lo tanto, suponiendo que el niño promedio necesite cuatro años para pasar del segundo al sexto grado, la progresión anual promedio es de alrededor de 2,2 respuestas. El impacto estimado es de 1,1, y por ende representa medio año de progresión normal.

casos se ha documentado un impacto positivo en matemática y lenguaje (Dynarsky et al., 2007; Banerjee et al., 2007; Linden 2008; Barrow, Markman y Rouse, 2009). Recientemente las investigaciones se han centrado en los efectos del uso de la computadora en la casa y los resultados han sido mixtos. Fairlie y London (2011) encuentran efectos positivos en los resultados académicos, mientras que Malamud y Pop-Eleches (2011) reportan resultados negativos en las calificaciones escolares y efectos positivos en el test de Matrices Progresivas de Raven.

Este trabajo contribuye a la literatura en educación y en tecnología de varias formas. En primer lugar, exploramos los efectos de un programa que introdujo masivamente computadoras tanto en las escuelas como en el hogar. La intervención tuvo lugar al nivel de las escuelas, y permitió incorporar efectos de equilibrio general que estudios previos no pudieron identificar.⁵ Segundo, analizamos este aumento del acceso en un ambiente ideal, compuesto por numerosas comunidades aisladas que tenían escaso acceso a la tecnología. Este aislamiento impide que haya influencias entre las unidades de estudio las cuales podrían contaminar el diseño. Además, los bajos niveles iniciales de acceso a la tecnología permiten que la intervención produzca cambios sustanciales tanto en el acceso como en el uso de computadoras. Tercero, obtenemos evidencia clara a partir de un estudio controlado, aleatorizado y a gran escala que incluye a miles de estudiantes en 319 escuelas. Cuarto, no sólo medimos el efecto sobre el desempeño académico sino que también analizamos el impacto sobre las habilidades cognitivas y usamos los registros del historial de las computadoras para obtener información objetiva de la forma en que se utilizaron las computadoras. Finalmente, nuestros hallazgos sobre los efectos del programa OLPC en Perú contribuyen a presentar evidencia empírica sobre una de las iniciativas más importantes y conocidas en esta área.

El resto del trabajo está organizado como se detalla a continuación. En la segunda sección se expone una visión general del sector educación en Perú, y del programa OLPC y su implantación en dicho país. En la tercera sección se describen el diseño de investigación, los modelos econométricos y los datos, y se documenta el correcto cumplimiento del experimento. En la cuarta sección se presentan los resultados principales y en la quinta se exploran los efectos

⁵ Existen efectos de equilibrio general si los efectos en los estudiantes cambian al crecer el porcentaje de sus pares que también son beneficiarios.

heterogéneos. Por último, en la sexta sección se ofrece un análisis de los principales hallazgos, y en la séptima se dan a conocer las conclusiones.

2. Antecedentes

2.1 La educación en Perú⁶

En términos de cobertura, la educación en Perú es obligatoria desde edad preescolar (3 años) hasta el final de la escuela secundaria (alrededor de los 17 años). La escuela primaria comprende seis grados y está orientada a niños de 6 a 11 años. Sin embargo, en la práctica los padres deben brindar apoyo financiero a las asociaciones de padres y maestros, comprar materiales y cubrir otros gastos;⁷ además, se observa que a la escuela primaria asisten estudiantes de edades superiores debido a la alta tasa de repetición de los cursos (en 2005 la matrícula bruta ascendió al 112%).

Con respecto a la calidad, los niños peruanos tienen un bajo desempeño en comparación con los estudiantes de otras regiones del mundo (PREAL, 2009; OCDE, 2010), aunque estas puntuaciones son similares a las de otros niños latinoamericanos después de tomar en cuenta las diferencias en niveles de ingresos. Los resultados de la prueba estandarizada nacional de segundo grado aplicada en 2008 en Perú reflejan estos bajos niveles de rendimiento: el 17% de los estudiantes llegó al nivel requerido en lenguaje y el 7% lo logró en matemática.

2.2 El programa OLPC

La iniciativa del programa OLPC fue creada por un equipo del Media Lab del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). En 2005 se anunció que computadoras especialmente diseñadas para el aprendizaje en regiones pobres se iban a vender por US\$100 (por eso, se las llamó “laptops de 100 dólares”), pero el precio real que los gobiernos pagaron por ellas se acercó más a los US\$200. La producción a escala comenzó en 2007, y las primeras distribuciones se efectuaron entre 2007 y 2008 (OLPC, s/f). La región de América Latina y el Caribe ha sido destinataria del 82% de las laptops distribuidas, y comprende los dos programas nacionales más importantes: Perú, con 902.000 unidades, y Uruguay, con 585.000.

⁶ Esta subsección se basa en Unesco (2010).

⁷ En 2008 el gasto anual por estudiante de escuela primaria ascendía aproximadamente a US\$438.

La Fundación OLPC define su misión de la siguiente manera (One.laptop.org, s/f; Wikipedia, s/f):

Crear oportunidades educativas para los niños más pobres del mundo, dando a cada niño una laptop resistente, de bajo costo y bajo consumo energético, conectada, con contenido y *software* diseñados para un aprendizaje colaborativo, ameno y autodidacta. Cuando los niños tienen acceso a este tipo de herramienta, participan activamente de su propia educación. Aprenden, comparten y crean. Se conectan entre sí, con el mundo y con un mejor futuro.

Al mismo tiempo, la Fundación plantea cinco principios esenciales: i) los niños son dueños de las laptops, ii) los niños beneficiarios tienen de 6 a 12 años, iii) cada niño y cada profesor recibe una laptop, iv) los niños pueden conectarse a través de una red local o de Internet, y v) el *software* es de gratuito y de código abierto (One.laptop.org, s/f; Wikipedia, s/f). Sobre la base de su misión y de estos cinco principios, la visión subyacente es que los estudiantes mejorarán su educación mediante el uso de la laptop y con la colaboración de sus pares. Sin embargo, el portal de OLPC ofrece información limitada acerca de cómo integrar las computadoras a las prácticas pedagógicas, la función de los maestros y otros componentes que resultarían críticos para la exitosa implementación del modelo.

2.3 El programa OLPC en Perú

El programa OLPC se lanzó en Perú en 2008, con la distribución de 40.000 laptops en unas 500 escuelas. El objetivo de esta primera etapa lo constituyeron las escuelas pequeñas de las regiones pobres, de entre las cuales se dio prioridad a las que contaban con electricidad y acceso a Internet. En la segunda etapa del programa se reconoció que en las áreas más pobres del país generalmente no hay acceso a Internet y por lo tanto se eliminó este requerimiento pero se mantuvo el de acceso a la electricidad.

Entre abril y noviembre de 2009 se distribuyeron laptops a todos los estudiantes y maestros de las escuelas seleccionadas para esta evaluación (la mayor parte de las computadoras se entregó cerca de agosto). La política nacional era que los estudiantes pudieran llevarse las laptops a su casa, con la condición de que no se reemplazarían si se dañaban seriamente o se las robaban. Tal vez debido a esta regla algunos directores trataron de proteger las laptops y decidieron dejarlas en las escuelas. En otros casos, parece que hubo un problema de

comunicación y los padres pensaron que iban a ser económicamente responsables en caso de daño o robo; por eso, algunos padres prefirieron que las laptops se quedaran en las escuelas para evitar riesgos económicos. Estos problemas llevaron a que, como se explicará más adelante, solo alrededor del 40% de los estudiantes se llevara las computadoras a sus casas la semana anterior al estudio.

Con respecto al *software*, cada gobierno puede elegir las aplicaciones que desee que se instalen en los equipos, de acuerdo con una lista. El gobierno peruano eligió 39 aplicaciones, que pueden clasificarse en cinco grupos: i) estándar (escribir, navegar, pintar, calcular y chatear); ii) juegos educativos (incluidos Memorize, Tetris, Sudoku, y una variedad de rompecabezas); iii) música (crear, editar y reproducir); iv) programación (dos lenguajes), y v) otros programas (grabación de sonido y video, y secciones específicas de Wikipedia). La falta de acceso a Internet y el hecho de que las laptops no tuviesen Windows dificultaron que los niños instalaran juegos de video y otras aplicaciones. Finalmente, a los equipos se les instalaron alrededor de 200 libros electrónicos apropiados para la edad de los estudiantes, que fueron seleccionados por las autoridades gubernamentales.

3. Metodología

3.1 Diseño de la investigación y selección de la muestra

Se realizó un experimento aleatorio (RCT, por sus siglas en inglés) a nivel de escuela, que es el nivel de intervención del programa OLPC. El proceso para determinar la muestra de estudio comenzó con la lista de instituciones a las que el gobierno había priorizado, que incluía escuelas públicas, rurales, multigrado, con electricidad y ubicadas en los distritos más pobres de cada región (N=1,909).⁸ La muestra se restringió a las escuelas que contaban con información administrativa de los años 2005 a 2007 y que participaron en la prueba nacional estandarizada de segundo grado en 2007. Este grupo de escuelas corresponde a la muestra original (N=741). Las escuelas fueron asignadas de forma aleatoria a los grupos de tratamiento y control. Esta aleatorización se realizó estratificando por región, por proporción de estudiantes en un grado

⁸ Las regiones son análogas a los estados en Estados Unidos y los distritos se pueden considerar similares a los condados. Hay 24 regiones y alrededor de 1.800 distritos en Perú.

inferior al que les correspondería por su edad y por matrícula total. Dos tercios de las escuelas se seleccionaron para recibir el tratamiento y el resto se asignó al grupo de control.⁹

Para la recolección de datos, se seleccionó un subconjunto de escuelas. A continuación se exponen los motivos de dicha selección. Primero, todas las escuelas con un solo maestro (79) se excluyeron del estudio debido al interés del gobierno por dar una cobertura universal a este grupo. Segundo, por consideraciones logísticas, se excluyeron también todas las escuelas donde el lenguaje de enseñanza no fuese el español (70). Finalmente, las restricciones presupuestarias obligaron a reducir aún más la muestra. La recolección se concentró en las ocho regiones más grandes (en términos de escuelas en la muestra original) que habían logrado por lo menos el 80% de cobertura en el grupo de tratamiento para agosto de 2009.¹⁰ Esta restricción aumentó la duración promedio de la exposición al programa de las escuelas de tratamiento, y disminuyó los costos de recolección de datos al reducirse el número de regiones a cubrir. Debido a que la aleatorización se estratificó por región, esta decisión no afecta la validez interna de los resultados. La muestra final incluye 319 escuelas, 209 de tratamiento y 110 de control.

El Cuadro 1 presenta estadísticas descriptivas de todas las escuelas de Perú, las de aquellas priorizadas por el gobierno para la intervención y las incluidas en las muestras original y final. El panel A reporta las características de las escuelas y de los estudiantes en base al censo escolar de 2007. El panel B reporta estadísticas construidas a partir del examen estandarizado nacional de segundo grado de 2008 aplicado en las escuelas donde la enseñanza se imparte en español y donde había más de cuatro niños inscritos en segundo grado.¹¹ Las escuelas seleccionadas por el gobierno eran públicas y rurales, con limitado acceso a servicios básicos (agua, alcantarillado) y tecnología, y con bajo rendimiento estudiantil en el examen estandarizado nacional de matemática y lenguaje. Los resultados indican que las características observables de las escuelas en la muestra final son similares a las de las escuelas de la muestra original y a las del grupo de escuelas seleccionadas por el gobierno para el programa.

⁹ La selección de dos tercios, en lugar de la mitad, del número de escuelas en el grupo de tratamiento, se realizó debido a la solicitud del gobierno de reducir el número de escuelas de control y a la pequeña disminución en precisión estadística que esta decisión implicaba.

¹⁰ Para ese momento, la cobertura del grupo de tratamiento estaba por encima del 92% en 16 regiones. En las ocho regiones restantes del país, la cobertura se ubicó entre el 0% y el 83%.

¹¹ Aunque este examen estandarizado debería incluir a todas las escuelas no bilingües con más de cuatro estudiantes en segundo grado, en la práctica la cobertura se ha mantenido en alrededor del 80%.

3.2 Modelos empíricos

Debido a que el tratamiento se asignó aleatoriamente, calculamos el efecto promedio del programa estimando el siguiente modelo mediante regresiones de mínimos cuadrados ordinarios (MCO):

$$(1) \quad y_{is} = \alpha + \text{Tratamiento}_s \beta + \varepsilon_{is}$$

donde y_{is} representa la variable de resultado, Tratamiento_s es una variable igual a 1 para escuelas asignadas al tratamiento y 0 para las del grupo control, ε_{is} representa el término de error, mientras que los índices i y s identifican estudiantes y escuelas. El coeficiente β es el parámetro de interés y corresponde al estimador del efecto promedio del tratamiento. Los errores estándares están agrupados (*clustered*) a nivel de escuela en todas las regresiones. Bajo esta especificación, el coeficiente resultante es la “diferencia” en la variable de interés entre los grupos de tratamiento y control. Como la aleatorización se efectuó dentro de grupos de escuelas similares, los efectos fijos por estrato pueden agregarse para buscar aumentar la precisión de la estimación (Bruhn y McKenzie, 2009). Por eso, también presentamos la “diferencia ajustada” que se calcula con las regresiones del modelo anterior incluyendo indicadores por los estratos utilizados.

El coeficiente de interés estimado corresponde al parámetro de “intención de tratar”. Para calcular el parámetro que representa el efecto total del programa, generalmente es necesario dar cuenta de un cumplimiento no perfecto (que se produce cuando no todas las unidades asignadas para recibir el tratamiento realmente lo reciben, o cuando algunas unidades asignadas para no recibir tratamiento terminan recibéndolo). Sin embargo, como mostraremos más adelante, en este caso el cumplimiento fue alto y por lo tanto la corrección de variables instrumentales que se podría aplicar para tener en cuenta esta desviación arroja resultados similares a los estimados por MCO.

3.3 Datos

Los datos utilizados en este estudio se recolectaron durante octubre y noviembre de 2010, tras alrededor de 15 meses de implementación del programa. Las variables centrales del estudio son los puntajes de los exámenes académicos y tests cognitivos. Estas pruebas se aplicaron a cinco estudiantes seleccionados al azar en cada uno de estos tres grupos: i) niños de segundo grado; ii) estudiantes que tomaron el examen estandarizado nacional de 2008 en segundo grado (en lo

sucesivo denominados cohorte de seguimiento), y iii) alumnos de sexto grado.¹² Para cada grupo se efectuaron pruebas separadas en matemática y lectura, que fueron elaboradas por el experto en educación de nuestro equipo usando preguntas de pruebas estandarizadas anteriores.

Con respecto a las habilidades cognitivas, aplicamos el test de Matrices Progresivas de Raven, diseñado especialmente para niños de entre 5 y 11 años (Matrices Progresivas Coloreadas) para medir el razonamiento abstracto no verbal.¹³ Este test se considera un buen indicador de la inteligencia en general, y hay investigaciones previas que sugieren un efecto causal del uso de la computadora en la puntuación de esta prueba (Deary, Penke y Johnson, 2010; Malamud y Pop-Eleches, 2011). Las Matrices Progresivas de Raven se han usado ampliamente para evaluar la capacidad cognitiva no verbal (Flynn, 2007). A los estudiantes se les presenta una serie de ejercicios de asociación cuya dificultad se va incrementando, y se les pide que seleccionen una figura que permite completar una imagen.

A fin de obtener una medida más amplia de las capacidades cognitivas, aplicamos pruebas adicionales. En un test de fluidez verbal se pedía a los estudiantes que escribieran el mayor número de palabras que pudieran con una letra dada (P) en tres minutos. Esta prueba mide funciones ejecutivas, funciones de lenguaje (vocabulario), velocidad de respuesta, organización, estrategias de búsqueda y memoria a largo plazo (Ruff et al., 1997). También aplicamos una versión adaptada del test de códigos para niños que está incluida en el test de inteligencia de Wechsler (Forma B). El objetivo de este test es medir la velocidad de procesamiento y la memoria operativa. Durante la prueba se mostraba a los estudiantes la asociación de dígitos con ciertos símbolos para que luego completaran en una lista de números la mayor cantidad de símbolos correspondientes en tres minutos.¹⁴ Para el análisis, las tres medidas cognitivas se normalizan separadamente para los estudiantes de segundo grado, la cohorte de seguimiento y

¹² Debido a la gran correlación intra-grupo en las escuelas (alrededor de 0,40), había ganancias de precisión menores al aplicar las pruebas a más de 15 estudiantes por establecimiento. Centrarse en estudiantes de distintos grados permite verificar la existencia de efectos heterogéneos y reducir la correlación intra-grupo. Debido a que no se recabó información de línea de base, decidimos recolectar datos de los alumnos en la cohorte de seguimiento, ya que existía información administrativa sobre rendimiento académico previo al programa para estos estudiantes la cual empleamos para testear balance. El 80% de los niños de la cohorte de seguimiento asiste a cuarto grado, el 19% a tercer grado y el 1% a segundo grado.

¹³ El test mide la “capacidad de extracción, la capacidad de lograr que tenga sentido algo en un contexto de información confusa; la capacidad de percibir nuevos patrones y relaciones, y de forjar constructos principalmente no verbales que facilitan el manejo de la complejidad” (Pearson, 2011).

¹⁴ En el 40% de las escuelas, a nuestros estudiantes de muestra se le dieron más de tres minutos (normalmente 10) para responder a los tests de códigos o fluidez verbal. Exploramos la solidez de nuestros hallazgos con respecto a este tema en la cuarta sección.

los alumnos de sexto grado, restando la media y dividiéndola por la desviación estándar del grupo de control respectivo.

A fin de documentar los patrones de utilización de las computadoras en forma objetiva, obtuvimos los registros de uso de las laptops XO. Como parte de su operación normal, las laptops mantienen registros de las últimas cuatro sesiones de uso, indicando la fecha y hora de inicio de cada sesión y el cierre aproximado de las aplicaciones. Aunque los examinadores debían tratar de extraer los registros de todas las laptops, lograron recolectar información para el 76% de los niños de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de los de sexto grado. No se pudo obtener los registros cuando el estudiante no tenía asignada una laptop, cuando esta no estaba funcionando, o cuando el acceso a ella no fue posible. Las características demográficas y las medidas de uso de computadoras auto-reportadas por los estudiantes cuyos registros se extrajeron son similares a la muestra de todos los alumnos encuestados del grupo de tratamiento, lo cual sugiere que las estadísticas elaboradas con los registros extraídos dan una buena idea de los patrones de uso generales.

Asimismo, se realizaron entrevistas personales a los estudiantes y sus padres para la cohorte de seguimiento y el grupo de sexto grado (muestra entrevistada).¹⁵ A través de estas entrevistas se recogió información sobre las características sociodemográficas, el acceso a computadoras y su utilización, y el tiempo asignado a actividades específicas pertinentes (como leer y hacer tareas). Se recolectaron datos sobre resultados no cognitivos en dos áreas. Primero, para medir motivación a asistir a la escuela y las tareas escolares, se aplicó un instrumento diseñado a partir del inventario de motivación intrínseca (Ryan, 1982). Segundo, la competencia auto-percibida en matemática, lenguaje y otras materias escolares se obtuvo a partir de un cuestionario de 15 preguntas adaptado de Marsh (1992). También a los estudiantes de la muestra entrevistada del grupo de tratamiento se les aplicó un test individual para evaluar las competencias en el uso de laptops. Se solicitó a los estudiantes que realizaran actividades concretas (como encender la computadora, buscar información sobre un cierto tema) y los examinadores siguieron lineamientos específicos para considerar correctas las respuestas. Finalmente, todos los profesores y directores contestaron un cuestionario el cual recabó

¹⁵ Los estudiantes de segundo grado no se incluyeron, en parte debido a que es difícil obtener información confiable de niños pequeños especialmente en este contexto.

características socio-demográficas y se enfocó principalmente en medidas de acceso a computadoras y su empleo en la escuela.

3.4 Balance y cumplimiento del diseño experimental

Para evaluar el balance entre los grupos de tratamiento y de control de los estudiantes de la cohorte de seguimiento, utilizamos datos del examen nacional de segundo grado de 2008. El Cuadro 2 muestra que tanto el puntaje en matemática y lenguaje como indicadores de variables socio-demográficas no son estadísticamente diferentes entre ambos grupos. Aunque inicialmente los grupos de tratamiento y de control pueden estar bien equilibrados, luego pueden surgir otras diferencias si la composición de los estudiantes en el grupo de tratamiento se ve sistemáticamente afectada por el programa. Exploramos esta posibilidad revisando diferencias demográficas y otras características de los estudiantes al efectuar el seguimiento en la muestra entrevistada entre los grupos de tratamiento y de control. En el Cuadro 3 se aprecia que las diferencias entre esas variables son pequeñas y generalmente no estadísticamente significativas, lo cual sugiere que el programa no afectó diferencialmente la composición de los estudiantes en las escuelas con tratamiento.

A continuación, evaluamos si los administradores del programa cumplieron con la asignación aleatoria de las escuelas a los grupos de tratamiento y de control. En el cuadro 4 se documenta un alto cumplimiento: todas las escuelas del grupo de tratamiento recibieron laptops XO, comparadas con el 8% del grupo de control. Este cuadro también presenta información sobre otros insumos relacionados. El acceso a la electricidad fue prácticamente universal en las escuelas de tratamiento y de control, no así el acceso a Internet, que casi no existió en ninguno de los grupos. La escasa cobertura de este servicio se puede explicar en virtud del aislamiento, de la baja densidad poblacional y de los altos costos fijos asociados al suministro en esas poblaciones, o bien como una decisión de diseño. Finalmente, en el cuadro se puede observar que alrededor del 70% de los maestros del grupo de tratamiento (7% de los maestros del grupo de control) asistió a un módulo de capacitación de 40 horas dirigido a facilitar el uso de las laptops para fines pedagógicos.

4. Resultados

En esta sección exploramos los efectos del programa en una gama de dimensiones. Comenzamos por inspeccionar los efectos sobre el acceso a las computadoras, su utilización y las destrezas informáticas. Luego analizamos si la intervención influyó ciertas conductas relevantes y habilidades no cognitivas. Finalmente evaluamos el impacto sobre las variables centrales del estudio: desempeño académico y habilidades cognitivas.

4.1 Acceso a las computadoras, uso y destrezas

El Cuadro 5 documenta la importante introducción de tecnología generada por el programa. En la encuesta de seguimiento, todas las escuelas de tratamiento tenían computadoras, en comparación con el 54% de las escuelas de control. Las diferencias en medidas de intensidad de uso son aún más marcadas. Había 1,18 computadoras por estudiante en las escuelas de tratamiento, en comparación con 0,12 en el grupo de control.

Estos efectos en el acceso a computadoras se tradujeron en un aumento sustancial en el uso de las mismas. En efecto, alrededor del 82% de los estudiantes del grupo de tratamiento dijo haber usado la computadora en la escuela la semana anterior, en comparación con el 26% de los del grupo de control. Los efectos del uso de la computadora en el hogar también son importantes: un 42% de los estudiantes del grupo de tratamiento dijo haber utilizado la computadora en su casa la semana anterior, en comparación con el 4% de los alumnos de las escuelas de control. Las entrevistas realizadas exploraron las razones por las que el uso de la computadora en la casa no estuvo en niveles superiores en las escuelas de tratamiento. Los padres de los niños que no solían llevar la computadora a la casa normalmente argumentaron que las escuelas lo prohibían (42%), seguidos de aquellos padres que preferían que el estudiante no se llevara la computadora a la casa para evitar que esta se dañara o que se la robaran (27%). Sin embargo, los datos recolectados indican que estos riesgos eran relativamente bajos. El 13% de las laptops tuvo problemas de funcionamiento en algún momento, y aproximadamente la mitad de estos problemas logró solucionarse. Y solamente el 0,3% de los estudiantes reportaron robos de laptops. Más allá de estas cuestiones operativas, cabe destacar que el programa generó un gran cambio en la utilización de computadoras, tanto en el hogar como en la escuela.

Utilizando datos de los registros generados por las laptops, documentamos el uso de las mismas por parte de los estudiantes del grupo de tratamiento. El Gráfico 1 presenta la

distribución de los estudiantes por número de sesiones durante la semana anterior al levantamiento. La mitad de los estudiantes inició cuatro o más sesiones, el 35% inició entre una y tres sesiones, y el 15% no había usado laptops la semana anterior. También documentamos que la sesión promedio duró alrededor de 40 minutos. Esta evidencia sugiere que un número considerable de los estudiantes utilizó con cierta intensidad las laptops, y esto concuerda con lo reportado por los estudiantes. La información sobre horas de inicio de las sesiones permite determinar si las computadoras se usaban más en la casa o en la escuela. Con ese fin, para cada laptop construimos la distribución de la hora de inicio de las últimas cuatro sesiones. El Gráfico 2 muestra la distribución promedio entre estudiantes. Así, se puede apreciar que el uso de las laptops se concentró en el horario normal de clases (entre 8:00 a.m. y la 1:00 p.m.), con un leve aumento antes de este período y luego una disminución. Esto también se observa en el Gráfico 3, el cual presenta la distribución promedio por día de la semana y período, que el uso se concentró en los días y horarios en que las escuelas estaban abiertas. Finalmente, este gráfico indica que los días en los que hubo una mayor utilización de computadoras en la escuela coinciden con una mayor utilización también en el hogar, sugiriendo efectos de arrastre del uso de la escuela a la casa. Este patrón se observa para los días de semana y también cuando se comparan los fines de semana con los días hábiles.

La información de los registros también arrojó luz sobre *cómo* se usaban las laptops. En el Gráfico 4 se muestra la distribución promedio de los grupos de aplicaciones empleadas. El grupo “estándar” incluyó alrededor de un 45% de aplicaciones abiertas y tres de las 10 aplicaciones más usadas (procesador de palabras, 15%; navegador, 13%; calculadora, 4%). El grupo de “juegos” representó el 18% del uso con una distribución bastante uniforme entre las nueve aplicaciones disponibles. El grupo de “música” representó alrededor del 14%, mientras que el grupo de “programación” incluyó solo el 5% de las aplicaciones abiertas. Finalmente, el resto de las aplicaciones representó el 18% del uso, y las más importantes fueron una aplicación para grabar sonido y video, y otra para la consulta de Wikipedia (8% y 4%, respectivamente).

A continuación exploramos si los aumentos en el acceso y el uso de laptops se traducen en mejoras de las destrezas informáticas. La pregunta metodológica es qué tipo de destrezas debería evaluarse. Las laptops XO cuentan con un sistema operativo Linux y tienen una interfaz gráfica específica llamada “Sugar”. Por lo tanto, puede esperarse que el uso intensivo de laptops se traduzca en mejores destrezas para los estudiantes que operan en este tipo de ambiente

informático. Sin embargo, los estudiantes del grupo de control no tuvieron acceso a este tipo de ambiente y por ende no se esperaba que pudieran operar en él. Por otra parte, evaluar a los estudiantes de ambos grupos en cuanto a su capacidad para operar en un ambiente de Windows sería injusto para los estudiantes del grupo de tratamiento. Por lo tanto, decidimos evaluar a los estudiantes del grupo tratamiento sólo en su capacidad para operar las laptops XO. Específicamente aplicamos pruebas a los alumnos de la cohorte de seguimiento y a los de sexto grado para medir sus destrezas en el uso de las laptops XO.

El Gráfico 5 presenta el porcentaje de respuestas correctas por sub-escalas y a nivel general. Los resultados indican que la gran mayoría de los estudiantes podía realizar operaciones básicas en su laptop, como encenderla y apagarla, encontrar los iconos pertinentes y moverse entre las páginas. Los estudiantes también demostraron sus destrezas en el uso del diario, una aplicación que lleva un registro de actividades recientes. Finalmente, en promedio respondieron correctamente alrededor del 60% de las preguntas relacionadas con la operación del procesador de texto y su capacidad para buscar información específica en Wikipedia y otros contenidos en sus laptops. En resumen, estos resultados indican que los estudiantes del grupo de tratamiento demostraron tener destrezas útiles en la operación de las laptops, aunque se advirtieron ciertas limitaciones en el dominio de aplicaciones más avanzadas.

4.2 Resultados en conducta y motivación

En esta subsección exploramos los efectos sobre la conducta y la motivación. En el primer caso analizamos si la introducción de tecnología produjo cambios en cuatro dimensiones: matrícula, asistencia, hábitos de estudio en el hogar y de lectura. El examen de los efectos sobre la matrícula y la asistencia está motivado por la evidencia cualitativa que sugiere que el uso de las computadoras en las escuelas puede aumentar la atracción al ambiente escolar y por ende ejerce una influencia sobre las dimensiones mencionadas (Nugroho y Lonsdale, 2009). El análisis del impacto sobre el tiempo de estudio y lectura se basa en el interés en entender los canales potenciales que pueden mediar los efectos sobre los resultados académicos finales. El Cuadro 6 presenta los resultados. Las estimaciones indican que no hay un efecto estadísticamente significativo sobre matrícula y asistencia. No encontrar impactos en matrícula podría esperarse debido a que Perú está cerca de lograr cobertura universal en educación primaria. Además, la naturaleza aislada de las comunidades participantes genera barreras significativas para los padres

que podrían considerar la opción de cambiar a sus hijos a las escuelas beneficiarias. La ausencia de efectos positivos sobre la asistencia sugiere que el potencial de las computadoras para atraer estudiantes sería limitada (especialmente cuando los estudiantes pueden llevar las laptops a sus hogares).

El uso creciente de computadoras en la casa puede tener efectos positivos o negativos sobre el tiempo asignado a hacer tareas y leer. Los efectos positivos pueden surgir si los profesores asignan tareas que deban realizarse con las laptops o si un mayor acceso a libros fomenta un incremento de la lectura. Por otra parte, el uso de las laptops podría sustituir el tiempo dedicado a la lectura y las tareas por otras actividades, como los juegos de computación. No obstante, según nuestros resultados, el aumento en el uso de las computadoras no alteró el tiempo dedicado a leer o hacer tareas.¹⁶

Posteriormente exploramos los efectos sobre dos dimensiones de resultados no cognitivos. Primero observamos si el programa aumentó la motivación para asistir a la escuela y hacer tareas, a través de un índice de motivación intrínseca elaborado a partir de 20 preguntas que se formularon a los estudiantes. Los resultados indican que no hay efectos estadísticamente significativos (Cuadro 6), en línea con la falta de impacto sobre la matrícula, la asistencia y el tiempo dedicado a hacer tareas. Finalmente, estudiamos los efectos sobre una escala que mide la competencia auto-percibida en la escuela y observamos pequeños efectos negativos en esta dimensión. Aunque este hallazgo va en contra de las expectativas de que el acceso a las computadoras puede aumentar la autoestima, una posible explicación podría estar relacionada con el hecho de que la interacción con las laptops hace que los estudiantes tomen más conciencia de sus propias limitaciones.

4.3 Rendimiento académico y habilidades cognitivas

Llegamos así a la pregunta central de este estudio: ¿el aumento en el uso de computadoras afectó el rendimiento académico y las habilidades cognitivas? El Cuadro 7 muestra que no hay efectos estadísticamente significativos en matemática y lenguaje. Los errores estándares pequeños permiten descartar efectos modestos. Por ejemplo, para la puntuación promedio en los tests de matemática y lenguaje podemos descartar un efecto de más de 0,11 desviaciones estándar al 5% de significancia. Este resultado podría esperarse, dada la falta de impactos sobre variables

¹⁶ Para explorar más los efectos sobre la conducta en lectura, preguntamos a los estudiantes del grupo de tratamiento el número de libros leídos en la laptop y en promedio dijeron haber leído tres.

intermedias que incluyen la asignación de tiempo (asistencia, tareas, lectura) y la ausencia de un modelo pedagógico claro que establezca un nexo entre el *software* a utilizar y los objetivos curriculares. Además, estos resultados concuerdan con la evidencia de estudios previos que analizan programas dirigidos a introducir en las escuelas computadoras los cuales normalmente no generan efectos en el desempeño académico (por ejemplo, Angrist y Lavy, 2002; Leuven et al., 2007; Barrera-Osorio y Leigh, 2009). Sin embargo, no replican efectos negativos del incremento del acceso a computadoras en el hogar documentados por Malamud y Pop-Eleches (2011).

Luego analizamos si el aumento en el acceso y el uso de computadoras se tradujo en mejoras en las habilidades cognitivas generales. Los resultados del Cuadro 7 indican efectos positivos sobre los tres tests aplicados, aunque son estadísticamente significativos sólo en el caso de las Matrices Progresivas de Raven (valor-p 0.055). Las magnitudes de los efectos son similares y van desde 0,09 desviaciones estándar para el test de códigos hasta 0,11 en las matrices de Raven y 0,13 en el test de fluidez verbal. Exploramos el efecto sobre un índice de habilidades cognitivas construido a partir del promedio de las puntuaciones estandarizadas de las tres pruebas. Los resultados positivos se acercan a los de las Matrices Progresivas de Raven (0,11 desviaciones estándar y estadísticamente significativos al 10%). Dado que se encuentran resultados positivos y similares en las tres pruebas, que miden distintas dimensiones (razonamiento abstracto, fluidez verbal y velocidad de procesamiento), los resultados sugieren que una mayor interacción con la tecnología mejoró las habilidades cognitivas.

Para tener un punto de referencia de la magnitud de los impactos documentados, hicimos una estimación de las mejoras mensuales esperadas en cada prueba cognitiva debido al crecimiento de los estudiantes. Esta aproximación la generamos calculando la diferencia media en el puntaje original entre estudiantes de sexto y segundo grado del grupo de control y dividiéndola por 48 meses. Luego expresamos los impactos en términos de ganancias mensuales esperadas dividiendo el efecto estimado por la ganancia mensual estimada. Este ejercicio empírico sugiere que los efectos corresponden a 4,6 meses de la progresión esperada en el test de códigos, a 4,8 meses en las matrices de Raven y a 6 meses en el test de fluidez verbal. Estos efectos son importantes si se considera que el grupo de tratamiento tuvo una exposición promedio de 15 meses a un mayor acceso a la tecnología.

Como se mencionó en la Sección 3.3, en una submuestra de escuelas a los estudiantes se les dieron más de tres minutos para responder el test de fluidez verbal y de códigos debido a una incorrecta aplicación del procedimiento de evaluación. Para evaluar la robustez de los resultados a este desvío en el protocolo hicimos tres chequeos. Primero, documentamos que la fracción de las escuelas donde se habían cronometrado adecuadamente los tests era casi idéntica en los grupos de tratamiento y de control (60,6% y 60%, respectivamente). Segundo, efectuamos una regresión del desempeño académico y de las habilidades cognitivas sobre la variable de tratamiento y le agregamos un indicador en los casos de cronometraje correcto del test. Los resultados de esta especificación, que se presentan en las columnas (3) y (4) del Cuadro 8, son similares a los de la especificación inicial (que se encuentran en las columnas 1 y 2 del cuadro). Finalmente, las columnas (5) y (6) presentan los efectos estimados cuando se restringe la muestra a las escuelas donde los tests se cronometraron correctamente. Los efectos estimados son mayores para los tests de fluidez verbal y de códigos, en comparación con los obtenidos para toda la muestra; sin embargo, los resultados del resto de las pruebas solo cambian levemente. Una explicación potencial de este patrón es que, cuando se da más tiempo a los estudiantes, se produce una reducción en la ventaja de los alumnos del grupo de tratamiento que contestan las preguntas con presión de tiempo. De todos modos, los resultados refuerzan el hallazgo principal del estudio: el acceso intenso a las computadoras no lleva a efectos medibles en el desempeño académico pero sí genera un impacto positivo sobre las habilidades cognitivas generales.

5. Efectos heterogéneos

Un mayor acceso a la tecnología, ¿tiene efectos diferenciales en distintos grupos? Abordamos este interrogante presentando estadísticas del patrón de uso de laptops y de la competencia en la utilización de las mismas para los estudiantes del grupo de tratamiento en diferentes subgrupos. El Cuadro 9 muestra que los estudiantes de grados superiores tienden a hacer un uso más intensivo de las laptops, lo concentran en aplicaciones estándares y relacionadas con la música (a expensas de los juegos), y muestran una destreza considerablemente mayor en su operación. Esta ventaja de los estudiantes de sexto grado en comparación con los de la cohorte de seguimiento equivale aproximadamente a media desviación estándar.¹⁷ Las columnas (4) y (5) muestran que los varones usan la laptop con la misma frecuencia que las mujeres, aunque los primeros tienden

¹⁷ No se les aplicó el test de habilidad en el uso de la laptop a los estudiantes de segundo grado.

a hacerlo más para escuchar y crear música, y para programación, y menos para las aplicaciones estándares. Los resultados indican una ventaja, pequeña pero significativa, para los varones en su competencia al operar la laptop (una décima de desviación estándar). Finalmente, las columnas (6) y (7) documentan que no hay diferencias importantes en el uso de la laptop ni en las destrezas de su operación cuando se comparan escuelas clasificadas según su desempeño en las pruebas académicas de la línea de base.

En el Cuadro 10 exploramos si los impactos son diferentes entre los subgrupos mencionados. El panel superior muestra que la falta de impacto sobre el desempeño académico, generalmente se mantiene a lo largo de los grupos. La única excepción la constituyen los estudiantes de sexto grado, quienes presentan un impacto positivo, estadísticamente significativo, en matemática y en el desempeño académico promedio. Este resultado también aparece cuando se comparan los efectos del tratamiento entre alumnos de sexto grado y de segundo grado. Sin embargo, cuando se analizan los resultados en varias submuestras, la posibilidad de detectar diferencias significativas es mayor y por ende este hallazgo se debe explorar con más profundidad en investigaciones posteriores.

Los resultados del panel inferior sugieren que hay efectos positivos en habilidades cognitivas en los grupos estudiados. El impacto estimado de las habilidades cognitivas promedio es positivo en las siete submuestras. De manera similar, 19 de los 21 efectos estimados para los tests individuales presentan coeficientes positivos. La única dimensión para la cual puede haber cierta heterogeneidad es la del desempeño académico inicial, donde los impactos positivos se concentran entre las escuelas que tuvieron un rendimiento académico superior antes de la introducción del programa. Sin embargo, los efectos estimados no son estadísticamente diferentes cuando se comparan escuelas con desempeño inicial alto y bajo, en parte porque los coeficientes tienden también a ser positivos en el último grupo.

6. Discusión

Seguir más estrictamente los principios de OLPC, ¿podría haber arrojado mejores resultados académicos? En el marco del análisis, hemos identificado dos desviaciones importantes de los principios promovidos por la Fundación OLPC: primero, una parte considerable de los estudiantes no podía llevarse las laptops a sus casas y segundo, prácticamente no había acceso a Internet. En lo que respecta al primer punto, bajo la premisa extrema de que todos los efectos

están causados por el uso de la laptop en el hogar, podemos hacer una estimación de los efectos esperados cuando todos los niños se llevan las computadoras a sus hogares, dividiendo las estimaciones en la forma reducida por la fracción de estudiantes que regularmente lo hacía (40%). El efecto estimado sobre el logro académico promedio da un coeficiente de 0,01 desviación estándar, con un error estándar asociado de 0,14. Aunque el poder estadístico se ve considerablemente reducido, los resultados indican una baja posibilidad de cambios positivos sustanciales.¹⁸ En lo que respecta a los efectos de Internet, la ausencia de variación de este recurso en la muestra de estudio en las escuelas nos impide evaluar sus impactos potenciales. Sin embargo, la limitada literatura especializada que existe no parece ser especialmente promisorio.¹⁹

Con respecto a otros diseños, un camino potencialmente prometedor es el uso de *software* adaptado al currículo de matemática y lenguaje. Este tipo de programas diagnostica el nivel del estudiante en distintas áreas y adapta el contenido de los ejercicios para centrarse en los temas en que el estudiante muestra mayor debilidad. Aunque la evidencia no es abrumadoramente positiva, sí se sugiere la posibilidad de efectos positivos de considerable magnitud, especialmente en los países en desarrollo (Rouse y Kruger, 2004; Banerjee et al., 2007; He, Linden y MacLeod, 2008; Linden, 2008; Barrow, Markman y Rouse, 2009; Carrillo, Onofa y Ponce, 2010).²⁰ Otra opción para los gobiernos que quieren implementar programas similares a OLPC es que diseñen su propia integración pedagógica de laptops en las aulas, combinando *software* específico con un fuerte componente de desarrollo profesional del maestro, un enfoque que ha demostrado tener el potencial de aumentar el aprendizaje (Roschelle et al., 2010). Aún así, los gobiernos deberían considerar usos alternos de los fondos públicos antes de implementar tecnología en gran escala en ámbitos educativos. Esto debe tomarse en cuenta en especial en los

¹⁸ Realizamos un análisis complementario en el cual nos centramos en los estudiantes de la cohorte de seguimiento y analizamos si los cambios en el logro académico promedio entre la línea de referencia y el seguimiento eran diferentes para los estudiantes del grupo de tratamiento que se llevaba a casa las laptops y los del grupo de control. Una vez más, no hay evidencia de ganancias diferenciales estadísticamente significativas en los estudiantes que se llevaban las laptops a casa. También exploramos si una mayor capacitación para los maestros podría dar mejores resultados al comparar tendencias en el rendimiento académico de los estudiantes del grupo de tratamiento cuyos profesores habían recibido capacitación y los del grupo de control. En este caso, tampoco encontramos evidencia de incrementos significativamente superiores para los estudiantes cuyos docentes fueron capacitados.

¹⁹ Goolsbee y Guryan (2006) evaluaron los efectos de un subsidio público a la inversión en acceso a Internet en escuelas públicas de California, y no encontraron efectos significativos sobre el rendimiento académico. Vigdor y Ladd (2010) obtuvieron información administrativa de Carolina del Norte y encontraron que un aumento en el número de proveedores de Internet por código postal estaba asociado con una disminución, pequeña pero significativa, en las puntuaciones de las pruebas de matemática (los resultados de lectura fueron negativos pero no significativos).

²⁰ Aun así, es poca la evidencia existente que muestra beneficios académicos a largo plazo con este tipo de *software*.

países pobres, donde los sueldos de los maestros son bajos y los costos de oportunidad de estas implementaciones (intensivas en capital) resultan considerables al compararse con intervenciones educativas que implican un uso intensivo del trabajo, como las reducciones en el número de alumnos por aula y el desarrollo profesional.

Finalmente, nuestros resultados se relacionan con el aumento de las habilidades cognitivas documentadas en 30 países desarrollados y en desarrollo durante las últimas décadas (Flynn, 1987; Flynn, 2007). La envergadura y la incidencia mundial de este incremento del coeficiente intelectual (CI) han dado impulso a nuevas investigaciones. Las explicaciones potenciales destacan que los cambios en educación, nutrición y tamaño de la familia podrían ser los impulsores subyacentes, aunque no se ha llegado a consensos acerca la importancia relativa de estos factores (Neisser et al., 1998; Flynn, 2007). El papel de las tecnologías de la información y comunicación (incluidos el cine, la televisión, los juegos de video y las computadoras) se ha enfatizado en numerosos estudios como un potencial factor importante en el aumento significativo de las medidas no verbales de CI (Greenfield, 1998). La evidencia reciente de Rumania sugiere un efecto positivo del uso de las computadoras en el hogar sobre el desempeño en las Matrices Progresivas de Raven (Malamud y Pop-Eleches, 2011). Nuestros efectos positivos estimados en los tests de Raven complementan la evidencia de esta hipótesis. El efecto positivo sobre las habilidades cognitivas promedio documentadas en nuestro estudio sugiere que las ganancias cognitivas pueden no estar circunscritas a destrezas espaciales-visuales.

7. Conclusiones

Este trabajo presenta los resultados de la primera evaluación aleatorizada del programa OLPC. La muestra del estudio abarcó escuelas públicas de educación primaria de las zonas rurales de Perú, con bajo nivel inicial de acceso a computadoras. La intervención generó un aumento sustancial del uso de estas últimas, tanto en la escuela como en la casa. Los resultados muestran efectos limitados sobre el desempeño académico, pero un impacto positivo sobre las habilidades cognitivas y las destrezas relacionadas con la utilización de computadoras. Las habilidades cognitivas pueden mejorar por el uso de los programas de las laptops, ya que estos están dirigidos a mejorar los procesos de pensamiento. Sin embargo, para mejorar el aprendizaje de matemática y lenguaje, se necesita una instrucción de alta calidad. Considerando estudios

anteriores, esto no parece ser la norma en las escuelas públicas de Perú, donde abunda el aprendizaje por memorización (Cueto et al., 2006; Cueto, Ramírez y León, 2006). Por eso, nuestra sugerencia es combinar la entrega de laptops con un modelo pedagógico dirigido a aumentar el desempeño en las áreas curriculares.

Los trabajos futuros deben incluir pruebas para medir los impactos de otras formas alternativas (y novedosas) de proveer tecnología a las escuelas y a los hogares. Estos estudios deberían medir toda una gama de habilidades cognitivas para evaluar correctamente las intervenciones que no estén directamente enfocadas en ciertas áreas. Se necesita más investigación para explorar la existencia de efectos diferenciales por intensidad y duración de la exposición al uso de computadoras, y para determinar si los impactos son heterogéneos entre niños que poseen diferentes niveles de destrezas iniciales. Esta agenda de investigación también debería indagar si hay “períodos críticos” para beneficiarse de la interacción con la tecnología, dadas sus potenciales implicaciones en materia de políticas. La observación general señala que las generaciones más jóvenes tienen una mayor capacidad para aprovechar los dispositivos digitales que las personas de mayor edad, pero no hay evidencia sólida que indique si el uso limitado a una edad temprana daría lugar a déficits permanentes en la capacidad de interactuar de manera eficaz con la tecnología. Finalmente, dadas las dificultades inherentes de traducir los beneficios de pruebas especiales a corto plazo en resultados de largo plazo, estudios longitudinales de seguimiento proveerán evidencia significativa para fomentar una mejor comprensión de la relación entre la tecnología y el desarrollo del capital humano.

Bibliografía

- Angrist, J. y V. Lavy. 2002. "New Evidence on Classroom Computers and Pupil Learning." *Economic Journal* 112: 735-765.
- Banerjee, A. et al. 2007. "Remedying Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India." *Quarterly Journal of Economics* 122: 1235-1264.
- Barrera-Osorio, F. y L. Leigh. 2009. "The Use and Misuse of Computers in Education: Evidence from a Randomized Experiment in Colombia." Policy Research Working Paper Nro. 4836. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Barrow, L., L. Markman y C. Rouse. 2009. "Technology's Edge: The Educational Benefits of Computer-Aided Instruction." *American Economic Journal: Economic Policy* 1: 52-74.
- Bruhn, M. y D. McKenzie. 2009. "In Pursuit of Balance: Randomization in Practice in Development Field Experiments." *American Economic Journal: Applied Economics* 1: 200-232.
- Carrillo, P., M. Onofa y J. Ponce. 2010. "Information Technology and Student Achievement: Evidence from a Randomized Experiment in Ecuador." Washington, D.C.: George Washington University. Documento mimeografiado.
- Cueto, S. et al. 2006a. "Oportunidades de Aprendizaje y Rendimiento en Comunicación Integral de Estudiantes en Tercer y Cuarto Grado de Primaria en Lima y Ayacucho." En: M. Benavides (ed.), *Los Desafíos de la Escolaridad en el Perú: Estudios sobre los Procesos Pedagógicos, los Saberes Previos y el Rol de las Familias*. Lima: Grupo de Análisis para el Desarrollo.
- Cueto, S., C. Ramírez y J. León. 2006. "Opportunities to Learn and Achievement in Mathematics in a Sample of Sixth Grade Students in Lima, Perú." *Educational Studies in Mathematics* 62: 25-55.
- Deary, I., L. Penke y W. Johnson. 2010. "The Neuroscience of Human Intelligence Differences." *Nature Reviews Neuroscience* 11: 201-210.
- Dynarski, M. et al. 2007. "Effectiveness of Reading and Mathematics Software Products: Findings from the First Student Cohort." Informe para el Congreso. Publicación NCEE Nro. 2007-4005. Washington, D.C.: Departamento de Educación de EE.UU.

- Fairlie, R., y R. London. 2011. "The Effects of Home Computers on Educational Outcomes: Evidence from a Field Experiment with Community College Students." *Economic Journal* doi: 10.1111/j.1468-0297.2011.02484.x.
- Ferrando, M. et al. 2011. "Una primera evaluación de los efectos del Plan CEIBAL en base a datos de panel." Montevideo, Uruguay: Instituto de Economía de la FCEydeA. Documento mimeografiado.
- Flynn, J., 1987. "Massive IQ Gains in 14 Nations: What IQ Tests Really Measure." *Psychological Bulletin* 101: 171-191.
- Flynn, J. 2007. *What Is Intelligence? Beyond the Flynn Effect*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Glewwe, P. y M. Kremer. 2006. "Schools, Teachers and Education Outcomes in Developing Countries." En: E. Hanushek y F. Welch (eds.), *Handbook of the Economics of Education*. Amsterdam: Elsevier.
- Goolsbee, A. y J. Guryan. 2006. "The Impact of Internet Subsidies in Public Schools." *Review of Economics and Statistics* 88: 336-347.
- Greenfield, P. 1998. "The Cultural Evolution of IQ." En: U. Neisser (ed.), *The Rising Curve: Long-Term Gains in IQ and Related Measures*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- He, F., L. Linden y M. MacLeod. 2008. "How to Teach English in India: Testing the Relative Productivity of Instruction Methods within the Pratham English Language Education Program." Nueva York: Columbia University. Documento mimeografiado.
- Leuven, E. et al. 2007. "The Effect of Extra Funding for Disadvantaged Pupils on Achievement." *Review of Economics and Statistics* 89: 721-736.
- Linden, L. 2008. "Complement or Substitute? The Effect of Technology on Student Achievement in India." Nueva York: Columbia University. Documento mimeografiado.
- Machin, S., S. McNally y O. Silva. 2007. "New Technology in Schools: Is There a Payoff?" *Economic Journal* 117: 1145-1167.
- Malamud, O. y C. Pop-Eleches. 2011. "Home Computer Use and the Development of Human Capital." *Quarterly Journal of Economics* 126: 987-1027.
- Marsh, H. 1992. "Self Description Questionnaire I. Instrument." Disponible en http://www.self.ox.ac.uk/Instruments/SDQI/SDQI_Inst.pdf.

- Maynard, A., K. Subrahmanyam y P. Greenfield. 2005. "Technology and the Development of Intelligence: From the Loom to the Computer." En: R. Sternberg y D. Preiss (eds.), *Intelligence and Technology: The Impact of Tools on the Nature and Development of Human Abilities*. Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Neisser, U. et al. 1996. "Intelligence: Knowns and Unknowns." *American Psychologist* 51: 77-101.
- Neisser, U. (editor). 1998. *The Rising Curve: Long-Term Gains in IQ and Related Measures*. Washington, D.C.: American Psychological Association.
- Nugroho, D. y M. Lonsdale. 2009. "Evaluation of OLPC Programs Globally: A Literature Review". Melbourne: Australian Council of Educational Research. Disponible en http://wiki.laptop.org/images/f/fb/Literature_Review_040309.pdf.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos). 2010. "PISA 2009 at a Glance." Paris, France: OCDE. Disponible en <http://dx.doi.org/10.1787/9789264095298-en>.
- OLPC (One Laptop per Child). s/f. *History of OLPC*. Cambridge, MA: Fundación OLPC. Disponible en http://graphics.stanford.edu/~edluong/olpc/history/olpc_history.htm.
- One.laptop.org. s/f. *About the Project/Mission*. Cambridge, MA: One.laptop.org. Disponible en <http://one.laptop.org/about/mission>.
- Pearson. 2011. "Raven's Progressive Matrices." Oxford, Reino Unido: Pearson Assessment. Disponible en <http://www.psychcorp.co.uk/Psychology/AdultCognitionNeuropsychologyandLanguage/AdultGeneralAbilities/RavensProgressiveMatricesandVocabularyScales/RavensProgressiveMatricesandVocabularyScales.aspx>.
- Programa de Promoción de la Reforma Educativa de América Latina y el Caribe. 2009. "How Much Are Latin American Children Learning? Highlights from the Second Regional Student Achievement Test (SERCE)." Washington, D.C: Diálogo Interamericano.
- Roschelle, J. et al. 2010. "Integration of Technology, Curriculum, and Professional Development for Advancing Middle School Mathematics: Three Large-Scale Studies." *American Educational Research Journal* 47: 833-878.

- Rouse, C., y A. Krueger. 2004. "Putting Computerized Instruction to the Test: a Randomized Evaluation of a 'Scientifically Based' Reading Program." *Economics of Education Review* 23, 323-338.
- Ruff, R. et al. 1997. "The Psychological Construct of Word Fluency." *Brain and Language* 57: 394-405.
- Ryan, R. 1982. "Control and Information in the Intrapersonal Sphere: An Extension of Cognitive Evaluation Theory." *Journal of Personality and Social Psychology* 43: 450-461.
- Sharma, U. 2012. "Essays on the Economics of Education in Developing Countries." Minneapolis: University of Minnesota. Disertación doctoral.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). 2010. "Datos Mundiales de Educación: Perú." Nueva York: Naciones Unidas.
- Vigdor, J., y H. Ladd. 2010. "Scaling the Digital Divide: Home Computer Technology and Student Achievement." Documento de trabajo de NBER Nro. 16.078. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Villarán, V. 2010. "Evaluación Cualitativa del Programa Una Laptop por Niño: Informe Final." Lima: Universidad Peruana Cayetano Heredia. Documento mimeografiado.
- Wikipedia. s/f. *OLPC: Five Principles*. Disponible en http://wiki.laptop.org/go/OLPC:Five_principles.

Cuadro 1. Características de las escuelas

	Todas (1)	Priorizadas para la intervención (2)	Muestra original (3)	Muestra final (4)
Panel A: Datos del censo escolar de 2007				
<i>Tipo, ubicación</i>				
Rural	0,380	0,955	0,933	0,927
Privada	0,190	0,005	0,004	0,000
Multigrado	0,222	0,864	0,919	0,940
Unidocente	0,056	0,101	0,044	0,012
Bilingüe	0,074	0,236	0,098	0,000
Antigüedad	27,766	23,948	24,670	24,186
Región costera	0,486	0,082	0,099	0,018
Región andina	0,371	0,837	0,777	0,804
Región selvática	0,144	0,080	0,124	0,178
<i>Estudiantes</i>				
Matrícula	111,715	51,208	64,374	65,384
Extraedad	0,338	0,496	0,492	0,467
Lengua materna indígena	0,190	0,479	0,358	0,269
Tasa repetición cuarto grado	0,081	0,112	0,106	0,099
Tasa deserción de grado	0,042	0,065	0,065	0,070
<i>Maestros</i>				
Número de maestros	13,539	3,204	3,431	3,419
<i>Servicios</i>				
Agua	0,678	0,455	0,506	0,583
Alcantarillado	0,714	0,396	0,438	0,446
Electricidad	0,744	0,804	0,822	0,844
Biblioteca	0,490	0,268	0,295	0,334
<i>Acceso a tecnología</i>				
Tiene computadora	0,597	0,352	0,393	0,452
Laboratorio de computación	0,445	0,081	0,109	0,147
Número de computadoras	10,566	1,001	1,293	1,668
<i>N</i>				
Escuelas	36.037	1.909	741	320
Estudiantes	4.025.877	97.757	47.701	20.923
Panel B: Datos del examen nacional estandarizado de segundo grado de 2008				
<i>Cobertura del examen</i>				
Escuelas participantes (%)	0,841	0,682	0,895	0,996
Niños evaluados	21,336	9,286	9,668	9,881
<i>Alcanzaron el estándar (%)</i>				
Matemática	0,073	0,049	0,053	0,055
Lenguaje	0,170	0,044	0,050	0,058
<i>N</i>				
Escuelas	23.434	1.118	666	318
Estudiantes	499.981	10.382	6.439	3.142

Notas: El cuadro presenta los promedios obtenidos con registros administrativos. El panel A presenta estadísticas del censo escolar de 2007. El panel B presenta estadísticas del examen estandarizado nacional de segundo grado de 2008. La columna (1) incluye todas las escuelas de Perú, mientras que la columna (2) se centra en las escuelas priorizadas por el gobierno para la intervención. Las columnas (3) y (4) incluyen la muestra original y la muestra final de la investigación, respectivamente.

Cuadro 2. Balance antes del tratamiento, cohorte de seguimiento

	Tratamiento (1)	Control (2)	Diferencia (3)	Diferencia ajustada (4)	N (5)
<i>Desempeño académico</i>					
Matemática	-0,005	0,000	-0,005 (0,098)	0,006 (0,091)	1.330
Lenguaje	0,037	0,000	0,037 (0,097)	0,057 (0,091)	1.332
Logro académico promedio	0,016	0,006	0,010 (0,091)	0,025 (0,085)	1.330
<i>Características socio-demográficas</i>					
Extraedad	0,165	0,150	0,015 (0,024)	0,019 (0,022)	1.332
Niña	0,495	0,510	-0,015 (0,028)	0,009 (0,027)	1.332
Lengua nativa español	0,881	0,880	0,001 (0,039)	0,001 (0,023)	1.332
Asistencia a preescolar	0,735	0,710	0,025 (0,039)	0,016 (0,034)	1.332

Notas: Este cuadro presenta estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control. La información que se utiliza corresponde al test estandarizado nacional de segundo grado de 2008. La muestra incluye estudiantes que participaron en el test estandarizado de 2008 y que fueron encuestados en 2010. Las columnas (1) y (2) presentan promedios, las columnas (3) y (4) registran los coeficientes estimados y los errores estándares de las regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

**Cuadro 3. Balance en variables socio-demográficas en el seguimiento,
muestra entrevistada**

	Tratamiento (1)	Control (2)	Diferencia (3)	Diferencia ajustada (4)	N (5)
<i>Estudiante</i>					
Edad	10,809	10,736	0,073 (0,064)	0,084 (0,054)	2.619
Niña	0,493	0,509	-0,016 (0,020)	-0,009 (0,020)	2.619
Lengua materna español	0,818	0,832	-0,013 (0,042)	-0,004 (0,019)	2.618
<i>Hogar</i>					
Número de personas en la vivienda	5,660	5,545	0,115 (0,098)	0,094 (0,089)	2.619
Número de hermanos en la vivienda	3,039	2,960	0,079 (0,111)	0,028 (0,103)	2.619
Padre con al menos educación primaria	0,376	0,391	-0,015 (0,029)	-0,010 (0,024)	2.617
Madre con al menos educación primaria	0,216	0,231	-0,015 (0,025)	-0,017 (0,021)	2.618
Lengua nativa de la madre español	0,680	0,651	0,029 (0,049)	0,033 (0,026)	2.618
TV	0,655	0,659	-0,005 (0,031)	-0,009 (0,029)	2.615
Radio	0,806	0,800	0,007 (0,024)	0,001 (0,022)	2.619
Celular	0,304	0,373	-0,069* (0,038)	-0,067** (0,032)	2.619
Electricidad	0,802	0,789	0,013 (0,030)	0,007 (0,031)	2.615
Agua	0,697	0,683	0,014 (0,038)	0,015 (0,035)	2.619
Alcantarillado	0,174	0,145	0,029 (0,031)	0,018 (0,026)	2.619
Piso de cemento	0,122	0,112	0,010 (0,020)	0,014 (0,017)	2.617
Recibe dinero por transferencia condicional	0,343	0,302	0,041 (0,046)	0,036 (0,030)	2.619
Más de cinco libros	0,300	0,262	0,038 (0,029)	0,042 (0,027)	2.614
Ubicado a menos de 15 minutos de la escuela	0,658	0,634	0,024 (0,033)	0,031 (0,029)	2.616

Notas: Este cuadro presenta las estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control. La muestra incluye estudiantes de la cohorte de seguimiento y de sexto grado cuyas familias fueron entrevistadas en 2010. Las columnas (1) y (2) presentan los promedios, las columnas (3) y (4) muestran los coeficientes estimados y los errores estándares de las regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Cuadro 4. Cumplimiento del diseño experimental, muestra entrevistada

	Tratamiento	Control	Diferencia	Diferencia	N
	(1)	(2)	(3)	ajustada	(5)
				(4)	
<i>Laptops de OLPC</i>					
Escuelas que recibieron laptops	1,000	0,082	0,918** (0,026)	0,916** (0,027)	318
<i>Insumos relacionados</i>					
La escuela tiene electricidad	0,971	0,945	0,026 (0,025)	0,023 (0,027)	317
La escuela tiene acceso a Internet	0,010	0,000	0,010 (0,007)	0,009 (0,007)	318
El docente recibió capacitación	0,709	0,066	0,643** (0,027)	0,634** (0,028)	949

Notas: Este cuadro presenta las estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de tratamiento y de control a nivel de escuela y maestro. Las columnas (1) y (2) reportan los promedios, las columnas (3) y (4) presentan los coeficientes estimados y los errores estándares de las regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Cuadro 5: Efectos sobre el acceso y uso de computadoras, muestra entrevistada

	Tratamiento (1)	Control (2)	Diferencia (3)	Diferencia ajustada (4)	N (5)
<i>Acceso</i>					
La escuela tiene computadoras	0,986	0,545	0,440** (0,048)	0,418** (0,048)	318
Computadoras por estudiante en la escuela	1,178	0,118	1,060** (0,043)	1,046** (0,046)	313
El estudiante tiene una computadora	0,874	0,090	0,784** (0,028)	0,782** (0,027)	2.619
<i>Uso</i>					
Usó computadora la semana anterior	0,843	0,319	0,524** (0,044)	0,518** (0,041)	2.612
Usó computadora en la escuela la semana anterior	0,819	0,264	0,556** (0,045)	0,550** (0,042)	2.612
Usó computadora en la casa la semana anterior	0,418	0,038	0,380** 0,030	0,391** (0,031)	2.612
Usó computadora en una cabina la semana anterior	0,072	0,081	-0,009 (0,019)	-0,008 (0,018)	2.612
Alguna vez usó Internet	0,177	0,114	0,063** (0,024)	0,065** (0,023)	2.607

Notas: El cuadro presenta estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control. Las estadísticas a nivel de los estudiantes se calculan incluyendo a los de la muestra entrevistada. Las columnas (1) y (2) reportan los promedios, las columnas (3) y (4) presentan los coeficientes estimados y los errores estándares de las regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con **y *, respectivamente.

Cuadro 6. Efectos sobre la conducta y la motivación, muestra entrevistada

	Tratamiento	Control	Diferencia	Diferencia	N
	(1)	(2)	(3)	ajustada	(5)
				(4)	
<i>Conducta</i>					
Matrícula	55,874	56,538	-0,663 (3,651)	-1,754 (2,514)	313
Asistencia	0,800	0,761	0,039* (0,020)	0,024 (0,019)	4.981
Estudió en la casa menos de 1 hora diaria	0,334	0,342	-0,008 (0,034)	-0,010 (0,031)	2.618
Estudió en la casa 1 o 2 horas diarias	0,514	0,497	0,018 (0,032)	0,017 (0,032)	2.618
Leyó un libro la semana anterior	0,782	0,811	-0,030 (0,029)	-0,017 (0,027)	2.612
<i>Motivación</i>					
Índice de motivación intrínseca	0,846	0,856	-0,010 (0,006)	-0,009 (0,006)	2.617
Índice de competencia escolar auto-percibida	0,791	0,807	-0,017 (0,010)	-0,021** (0,010)	2.615

Notas: El cuadro presenta estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de escuelas y de estudiantes de tratamiento y de control. Las estadísticas por horas de estudio, lectura y motivación se calculan incluyendo estudiantes de la muestra entrevistada. Las estadísticas de asistencia se generan incluyendo a todos los estudiantes en la cohorte de seguimiento y a los estudiantes de sexto grado de la muestra entrevistada, y a los que no fueron seleccionados para ser encuestados. Las columnas (1) y (2) reportan los promedios, las columnas (3) y (4) presentan los coeficientes estimados y los errores estándares de regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Cuadro 7. Efectos sobre el desempeño académico y las habilidades cognitivas, muestra completa

	Tratamiento (1)	Control (2)	Diferencia (3)	Diferencia ajustada (4)	N (5)
<i>Desempeño académico</i>					
Matemática	0,062	0,000	0,062 (0,070)	0,046 (0,061)	4.111
Lenguaje	-0,030	0,000	-0,030 (0,065)	-0,039 (0,057)	4.098
Promedio	0,016	0,000	0,016 (0,064)	0,003 (0,055)	4.096
<i>Habilidades cognitivas</i>					
Matrices Progresivas de Raven	0,119	0,000	0,119* (0,065)	0,112* (0,057)	4.110
Test de fluidez verbal	0,156	0,000	0,156 (0,101)	0,134 (0,090)	4.110
Test de códigos	0,103	0,000	0,103 (0,103)	0,086 (0,097)	4.108
Promedio	0,125	0,000	0,125* (0,068)	0,110* (0,060)	4.100

Notas: El cuadro presenta las estadísticas y diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control. La muestra incluye estudiantes de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de sexto grado. Las columnas (1) y (2) reportan los promedios, las columnas (3) y (4) presentan los coeficientes estimados y los errores estándares de regresiones OLS. Las estimaciones de la columna (4) incluyen efectos fijos por estrato. Todas las pruebas se normalizaron restando la media y dividiéndola por la desviación estándar del grupo de control. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Cuadro 8. Efectos sobre el desempeño académico y las habilidades cognitivas, pruebas de robustez

	Todas las escuelas				Escuelas con test cronometrado correctamente	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>Desempeño académico</i>						
Matemática	0,062 (0,070)	0,046 (0,061)	0,064 (0,070)	0,047 (0,061)	0,060 (0,086)	0,066 (0,082)
Lenguaje	-0,030 (0,065)	-0,039 (0,057)	-0,029 (0,065)	-0,038 (0,056)	0,007 (0,087)	0,021 (0,076)
Promedio	0,016 (0,064)	0,003 (0,055)	0,018 (0,063)	0,004 (0,054)	0,032 (0,081)	0,042 (0,073)
<i>Habilidades cognitivas</i>						
Matrices Progresivas de Raven	0,119* (0,065)	0,112* (0,057)	0,119* (0,065)	0,112* (0,057)	0,154* (0,083)	0,142** (0,069)
Test de fluidez verbal	0,156 (0,101)	0,134 (0,090)	0,160 (0,099)	0,136 (0,088)	0,226** (0,097)	0,241** (0,103)
Test de códigos	0,103 (0,103)	0,086 (0,097)	0,110 (0,100)	0,090 (0,094)	0,184** (0,093)	0,210** (0,092)
Promedio	0,125* (0,068)	0,110* (0,060)	0,129* (0,066)	0,112* (0,058)	0,187** (0,067)	0,197** (0,066)
<i>Número de estudiantes</i>	4.100	4.100	4.100	4.100	2.464	2.464
Indicadores estrato	N	Y	N	Y	N	Y
Indicador test cronometrado correctamente	N	N	Y	Y	-	-

Notas: Este cuadro presenta las diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control. En el 60% de las escuelas, el test de codificación y el de fluidez verbal se aplicaron siguiendo el protocolo de dar a los estudiantes tres minutos para completar la prueba. Denotamos a este subgrupo de escuelas con un indicador de test cronometrado correctamente. En el resto de las escuelas, por lo menos algunos estudiantes tuvieron más tiempo (normalmente 10 minutos). Cada celda corresponde a una regresión. Los nombres de las filas corresponden a las variables dependientes. Las regresiones de las columnas (1) a (4) incluyen a todos los estudiantes. Las regresiones de las columnas (5) y (6) incluyen estudiantes en escuelas donde los tests mencionados se cronometraron correctamente. Las estimaciones de las columnas (2), (4) y (6) incluyen los efectos fijos por estrato y las estimaciones de (3) y (4) se obtienen incluyendo el indicador de test cronometrado correctamente. Todos los tests se normalizaron restando la media y dividiendo por la desviación estándar del grupo de control. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Cuadro 9. Patrones de utilización y competencia en el uso de las laptops, subgrupos seleccionados

	Segundo grado (1)	Cohorte de seguimiento (2)	Sexto grado (3)	Niña (4)	Niño (5)	Rendimiento académico inicial	
						Bajo (6)	Alto (7)
Panel A: Patrones de uso según registros de las laptops (muestra completa)							
<i>Frecuencia: sesiones durante la semana anterior</i>							
Ninguna	0,238**	0,125	0,118	0,149	0,169	0,157	0,160
Una	0,185*	0,146	0,124	0,159	0,143	0,161	0,141
Dos	0,114	0,092	0,122*	0,111	0,109	0,105	0,114
Tres	0,113	0,117	0,091	0,100	0,112	0,095	0,117
Cuatro o más	0,351**	0,519	0,545	0,482	0,467	0,482	0,467
<i>Por tipo de aplicación</i>							
Estándar	0,437**	0,480	0,502	0,505	0,443**	0,486	0,463*
Juegos	0,214**	0,174	0,128**	0,171	0,170	0,173	0,168
Música	0,104	0,107	0,133**	0,093	0,137**	0,112	0,119
Programación	0,049	0,059	0,048*	0,047	0,057**	0,050	0,054
Otros	0,197	0,179	0,189	0,184	0,192	0,180	0,196*
<i>Por lugar</i>							
En la escuela	0,628	0,601	0,619	0,598	0,633*	0,629	0,604
<i>Número de estudiantes</i>	639	649	695	976	1.007	961	1.022
Panel B: Competencia en el uso de la laptop (muestra entrevistada)							
<i>Competencias</i>							
Operación básica		0,782	0,838**	0,795	0,825**	0,813	0,808
Aplicación procesador texto		0,497	0,647**	0,557	0,589**	0,567	0,579
Aplicación Wikipedia		0,594	0,745**	0,659	0,683	0,653	0,688**
Libros con imágenes		0,545	0,662**	0,588	0,620*	0,609	0,600
Cuentos		0,561	0,706**	0,624	0,645	0,634	0,636
Aplicación Diario		0,727	0,845**	0,767	0,807**	0,790	0,784
Competencia promedio		0,594	0,721**	0,644	0,673**	0,656	0,661
<i>Número de estudiantes</i>		834	857	833	858	819	872

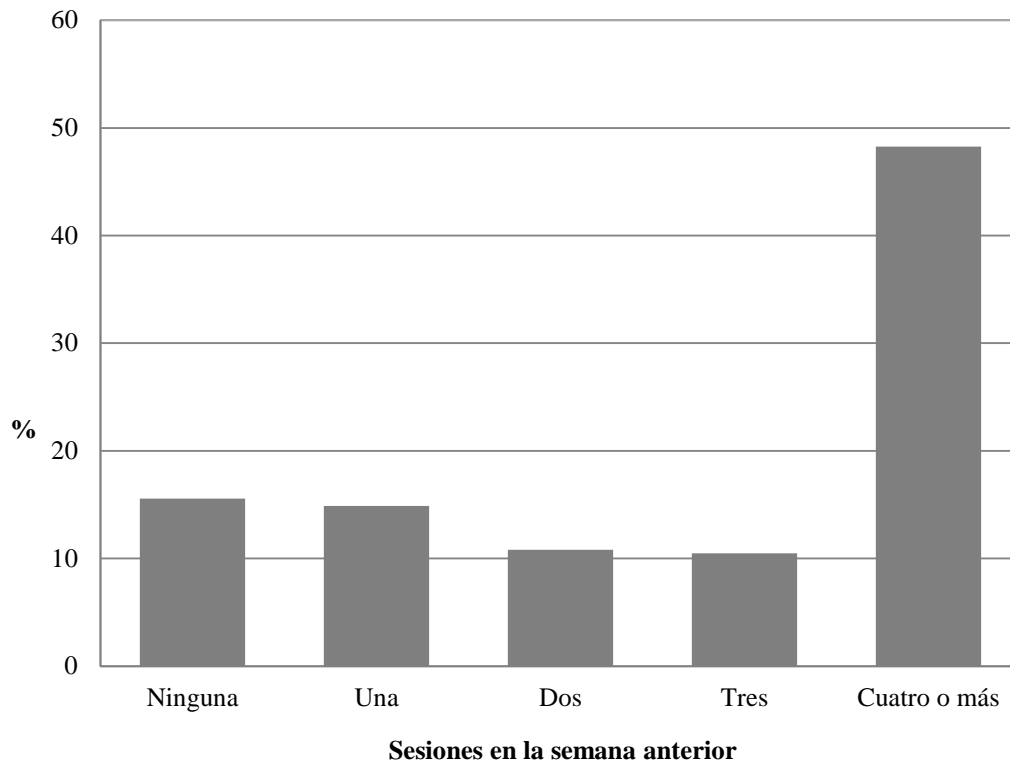
Notas: Este cuadro presenta estadísticas en patrones de utilización y competencia en el uso de las laptops por grupos. También indica la significancia estadística de las diferencias entre subgrupos dentro de las dimensiones analizadas. Los signos ** y * denotan diferencias al 5% y al 10%, respectivamente. Para las tres dimensiones analizadas los grupos de comparación son: cohorte de seguimiento, mujeres y escuelas con un puntaje académico en la línea de base inferior a la mediana. Las aplicaciones se agruparon en cinco tipos: estándar (texto, navegador, pintar, calculadora y chat); juegos, música, programación y otros. El porcentaje de uso por tipo se refiere a la proporción de aplicaciones abiertas de ese grupo en las últimas cuatro sesiones promediadas entre estudiantes. El porcentaje de uso en la escuela se calcula de manera similar pero reportando la proporción de aplicaciones que se abrió durante los días de semana entre las 8 a.m. y la 1 p.m. En el panel B, la subescala de operación básica mide la capacidad del estudiante para encender y apagar la laptop, encontrar ciertos íconos y regresar a la página de inicio. En la subescala de la aplicación de procesamiento de textos se evalúan destrezas como poner el texto en negrilla, subrayarlo, insertar tablas y guardar el documento. Las preguntas relacionadas con las subescalas de Wikipedia, libros de imágenes, cuentos y diario evalúan si el estudiante sabe cómo abrir y cerrar cada aplicación, y su capacidad para encontrar información acerca de un tema de investigación en particular.

Cuadro 10. Efectos heterogéneos sobre el desempeño académico y las habilidades cognitivas

	Segundo grado (1)	Cohorte de seguimiento (2)	Sexto grado (3)	Niña (5)	Niño (4)	Rendimiento académico inicial	
						Bajo (6)	Alto (7)
<i>Desempeño académico</i>							
Matemática	-0,060 (0,093)	0,027 (0,083)	0,205** (0,073)	0,028 (0,067)	0,061 (0,068)	-0,077 (0,077)	0,143 (0,098)
Lenguaje	-0,095 (0,090)	-0,063 (0,075)	0,043 (0,069)	-0,026 (0,064)	-0,058 (0,067)	-0,074 (0,076)	-0,027 (0,080)
Promedio	-0,077 (0,085)	-0,019 (0,072)	0,125** (0,061)	0,000 (0,060)	0,002 (0,062)	-0,076 (0,070)	0,058 (0,083)
<i>Habilidades cognitivas</i>							
Matrices Progresivas de Raven	0,195** (0,082)	-0,030 (0,076)	0,157** (0,071)	0,103 (0,067)	0,110* (0,063)	0,081 (0,082)	0,164** (0,079)
Test de fluidez verbal	0,149 (0,110)	0,162 (0,102)	0,094 (0,098)	0,106 (0,101)	0,166* (0,091)	0,117 (0,106)	0,214* (0,128)
Test de códigos	0,056 (0,111)	0,138 (0,109)	0,076 (0,105)	0,078 (0,101)	0,105 (0,102)	-0,042 (0,126)	0,220* (0,119)
Promedio	0,133* (0,061)	0,088 (0,066)	0,108 (0,067)	0,095 (0,067)	0,125** (0,061)	0,051 (0,068)	0,198** (0,086)
<i>Número de estudiantes</i>	<i>1.426</i>	<i>1.328</i>	<i>1.346</i>	<i>2.016</i>	<i>2.084</i>	<i>2.079</i>	<i>2.021</i>

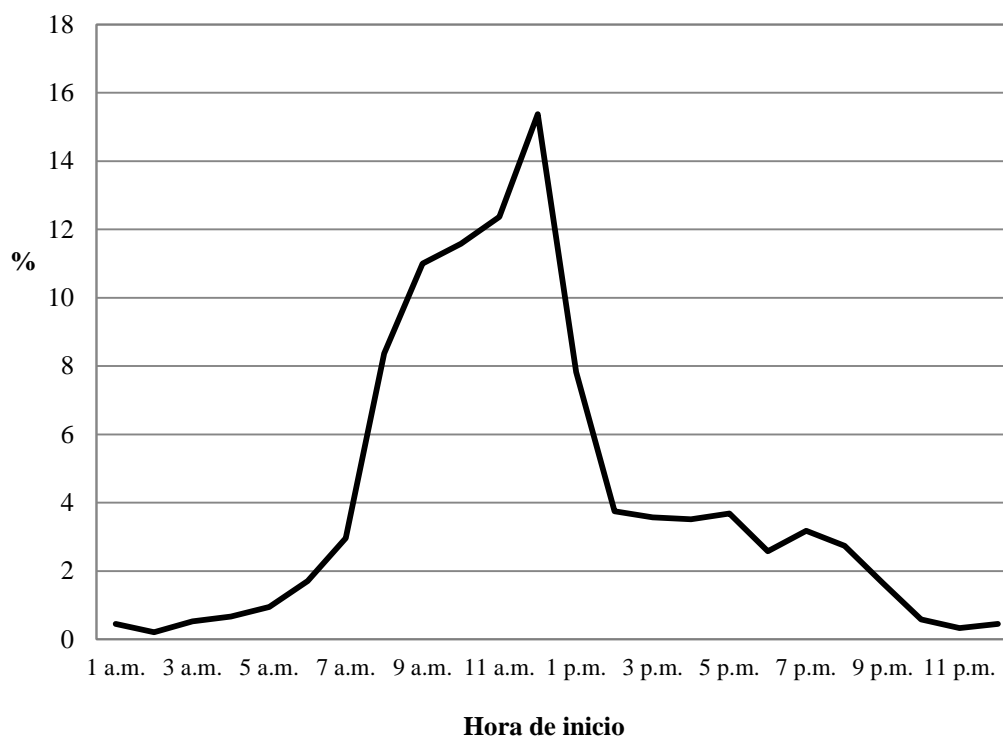
Notas: Este cuadro presenta las diferencias estimadas entre los grupos de estudiantes de tratamiento y de control a nivel de los estudiantes de diferentes submuestras. Cada celda corresponde a una regresión. Los nombres de la columna indican la muestra incluida en la estimación. Los nombres de las hileras corresponden a las variables dependientes. Los errores estándares, que se encuentran entre paréntesis, están agrupados por escuela. Todos los tests se normalizaron restando la media y dividiendo por la desviación estándar del grupo de control. La significancia al 5% y al 10% se indica con ** y *, respectivamente.

Gráfico 1. Frecuencia de uso de las laptops



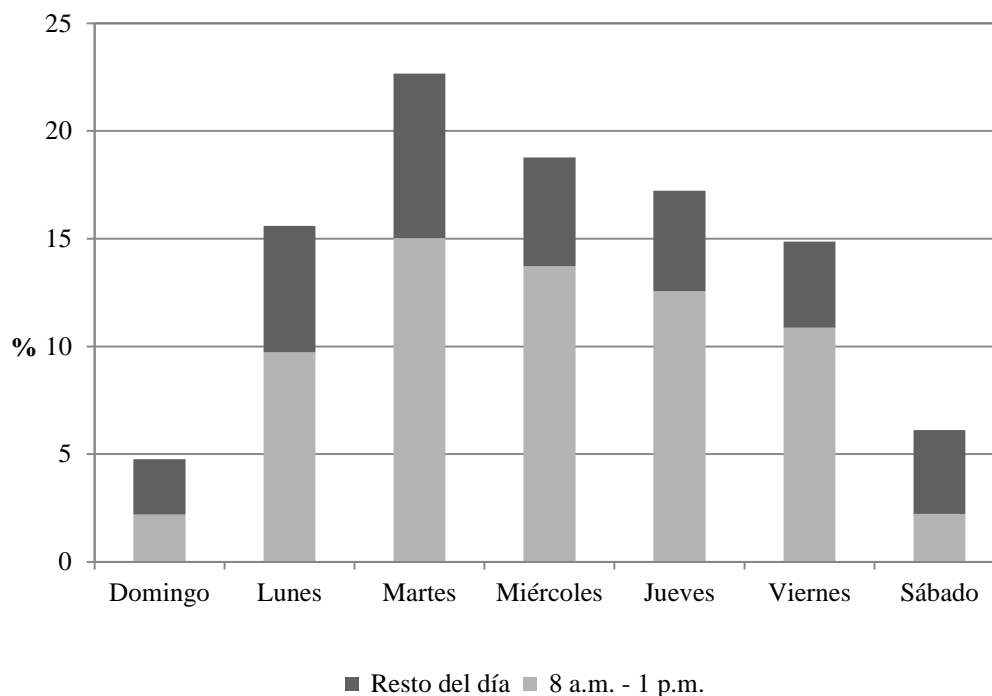
Notas: La muestra incluye los estudiantes tratados de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de sexto grado. Las estadísticas se calculan sobre la base de los registros extraídos de las laptops.

Gráfico 2. Distribución del uso de laptops por tiempo



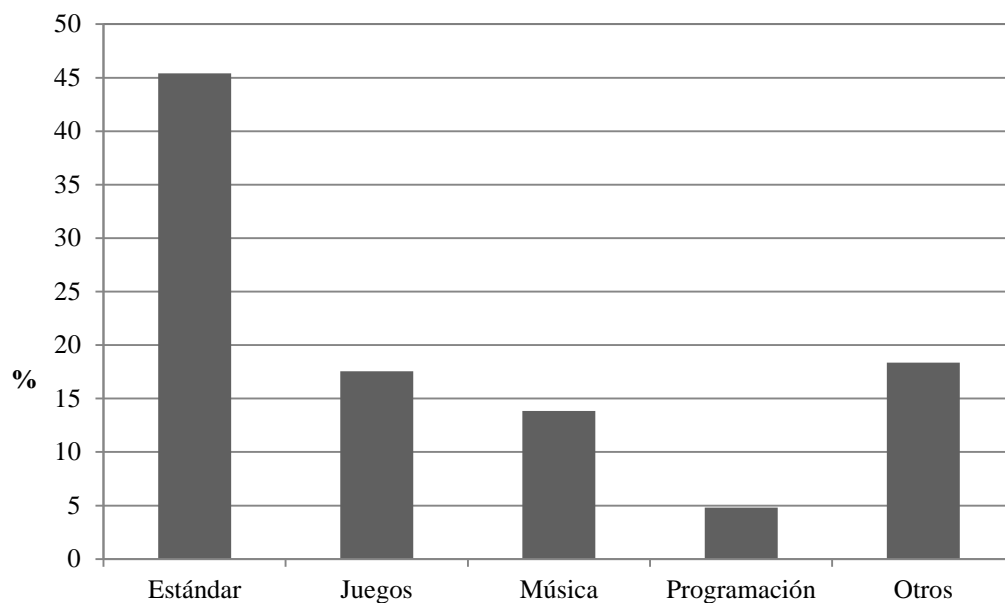
Notas: La muestra incluye los estudiantes tratados de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de sexto grado. Las estadísticas se calculan sobre la base de los registros extraídos de las laptops. El porcentaje de uso a cierta hora corresponde a la proporción de aplicaciones abiertas en ese momento del día, promediada entre estudiantes.

Gráfico 3. Distribución del uso de laptops por día y período de tiempo



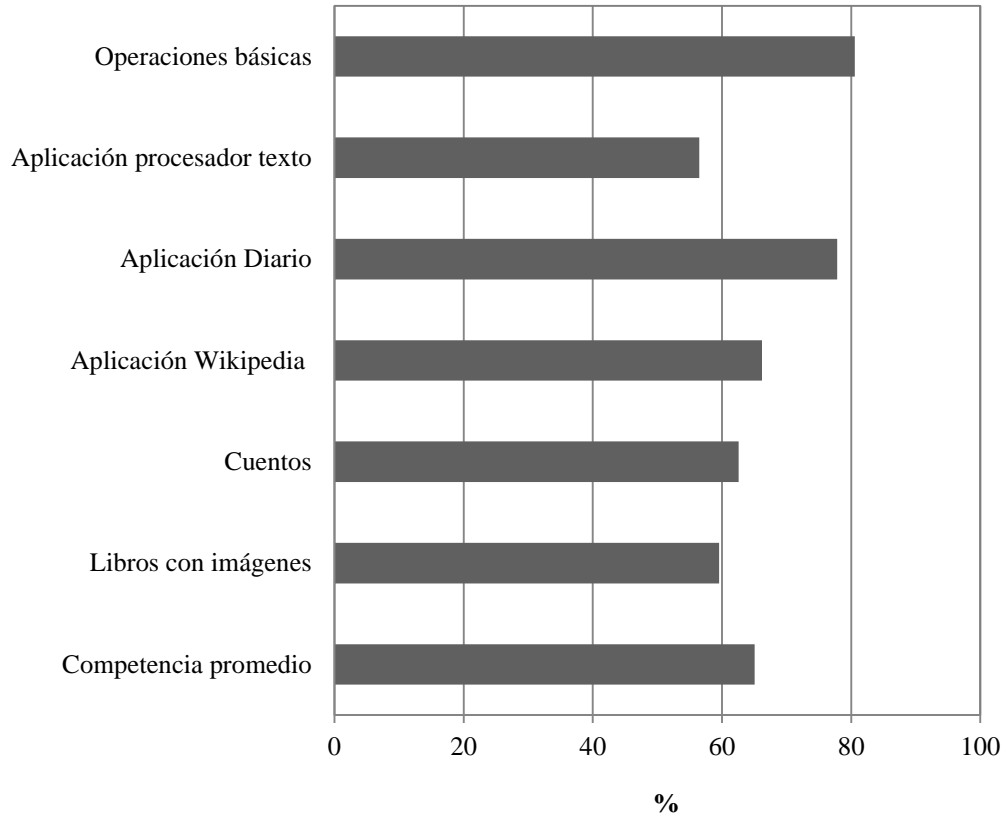
Notas: La muestra incluye estudiantes tratados de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de sexto grado. Las estadísticas se calculan sobre la base de los registros extraídos de las laptops. El porcentaje de uso durante un día corresponde a la proporción de aplicaciones abiertas durante ese período y promediada entre estudiantes. Los resultados se generan usando las últimas cuatro sesiones de laptop. El lapso de 8 a.m. a 1 p.m. coincide con el horario normal de clases.

Gráfico 4. Distribución del uso de laptops por tipo de aplicaciones



Notas: La muestra incluye estudiantes tratados de segundo grado, de la cohorte de seguimiento y de sexto grado. Las estadísticas se calcularon sobre la base de los registros extraídos de las laptops. Las aplicaciones se agrupan en cinco tipos: estándar (procesamiento de textos, navegador, pintar, calculadora y chat), juegos, música, programación y otros. (Véase en la Subsección 2.3 del texto una descripción de las aplicaciones incluidas en los grupos.) Los resultados se generan a partir de las últimas cuatro sesiones con laptops.

Gráfico 5. Destrezas en el uso de las laptops



Notas: Las estadísticas se calculan usando la muestra entrevistada (cohorte de seguimiento y sexto grado) y corresponden a la fracción promedio de respuestas correctas entre los estudiantes. Las siguientes tareas se evaluaron en cada subescala: a) operaciones básicas: encender y apagar la laptop, encontrar iconos pertinentes, regresar a la página inicial; b) procesador de texto: abrir la aplicación, poner texto en negritas, subrayar texto, insertar tablas, guardar el trabajo, cerrar la aplicación; c) aplicación de diario, aplicación de Wikipedia, cuentos y libros de imágenes: abrir la aplicación, buscar cierta información en especial, cerrar la aplicación.