

COMPUTADORES EN LAS ESCUELAS Y DESEMPEÑO COGNITIVO

UN RESUMEN DE LA INVESTIGACIÓN*

Susan E. Mayer

University of Chicago

Resumen: Este resumen de la investigación describe lo que sabemos acerca de la relación entre uso de computadores por parte de los alumnos en la escuela y los puntajes que éstos obtienen en pruebas cognitivas. También discute brevemente la utilidad de impartir alfabetización computacional en las escuelas. Mientras el acceso a los computadores es una condi-

SUSAN E. MAYER. Ph.D. en Sociología, Northwestern University, Evanston, Illinois. Profesora de la Universidad de Chicago y del Irving B. Harris Graduate School of Public Policy Studies de la misma universidad, del cual fue decana durante el periodo 2002-2009. Es miembro desde 2004 del Comité sobre Estándares de Evidencia y Calidad de la Investigación en Ciencias Sociales y Comportamiento, de la Academia Nacional de Ciencias de EE.UU. También ha sido editora asociada del *American Journal of Sociology*. Es autora, entre otras muchas publicaciones, de los libros *Earning and Learning: How Schools Matter* (con Paul E. Peterson) (Brookings Institute Press, 1999) y *What Money Can't Buy: Family Income and Children's Life Chances* (Harvard University Press, 1997). Dirección electrónica: s-mayer@uchicago.edu.

* Trabajo preparado por encargo del Centro de Estudios Públicos. Una versión preliminar fue presentada en el seminario "Educación, ¿Qué hemos aprendido? ¿Hacia dónde vamos?", que se realizó el 22 de noviembre de 2010 en el Centro de Estudios Públicos, Santiago, Chile.

Traducción al castellano por Alberto Ide para *Estudios Públicos*. La versión en inglés aparecerá publicada en la edición en línea de *Estudios Públicos* en www.cepchile.cl.

ción necesaria para su utilización, el acceso no garantiza que los estudiantes los usarán, y que ellos los usen no garantiza que lo harán de maneras que mejoren su rendimiento cognitivo. Cuando los estudiantes utilizan computadores en la escuela, generalmente lo hacen para realizar búsquedas en internet, trabajar en proyectos, o para hacer tareas accediendo a internet. La investigación muestra que los programas destinados a aumentar la cantidad de computadores en los establecimientos educacionales han tenido pocas repercusiones en los puntajes de los alumnos. Sin embargo, un conjunto creciente de investigaciones sugiere que cuando los computadores se usan para entregar instrucción, los puntajes en matemáticas y lectura mejoran. En la mayoría de los países, este tipo de instrucción no es muy común, e incluso en los Estados Unidos es muy poco frecuente que las escuelas usen en forma rutinaria la instrucción por computador.

Palabras clave: computadores en las escuelas, rendimiento cognitivo, instrucción asistida por computador.

Recibido: septiembre 2011; **aceptado:** marzo 2012.

COMPUTERS IN SCHOOLS AND COGNITIVE ACHIEVEMENT: A SUMMARY OF THE RESEARCH

Abstracts: *This research summary describes what we know about the relationship between students' use of computers at school and their cognitive test scores. It also briefly discusses the usefulness of teaching computer literacy in schools. While access to computers is a necessary condition for their use, access does not guarantee that students will use the computers, and getting students to use computers does not guarantee that they will use them in ways that improve their cognitive achievement. When students do use computers in school it is generally to search the Internet, work on group projects, or to use the Internet to do homework. Research shows that programs that increase the number of computers in schools have had little effect on students' test scores. However, a growing body of research does suggest that when computers are used to provide instruction test scores in reading and math increase. This kind of computer instruction is not very common in most countries and even in the United States computer instruction is rarely routinely used in schools.*

Keywords: *computers in schools, cognitive achievement, computer assisted instruction.*

Received: *September 2011; accepted: March 2012.*

Durante las últimas dos décadas, en casi todos los países ha habido un rápido aumento de la cantidad de escuelas equipadas con computadores, así como de la tasa de computadores por alumno en las escuelas. Y en la mayoría de ellos, la cantidad de dinero gastada en computadores, acceso a internet y *software* para las escuelas se ha incrementado en términos absolutos y como porcentaje del presupuesto de educación. Si bien los partidarios de dotar de computadores a las escuelas han dado muchas razones para ello, son tres las principales razones más frecuentes: entregar alfabetización computacional para reducir la “brecha digital”; revolucionar la enseñanza y el aprendizaje aprovechando las capacidades de información y comunicación de los computadores y de internet; e impartir instrucción en asignaturas básicas como matemáticas y lectura.

En este resumen de la investigación hago hincapié en el efecto del acceso a los computadores y uso de los mismos en los puntajes obtenidos en las pruebas, más que en otros resultados, en parte porque éste es el resultado estudiado en casi todas las investigaciones de alta calidad, y en parte porque en la mayoría de los países el “problema” de las escuelas, tal como lo definen los padres, empleadores y gobiernos, es que con demasiada frecuencia los alumnos no logran adquirir destrezas básicas en la escuela. Es más, en todos los países en que se mide ese resultado el mercado laboral recompensa las destrezas en lectura y matemáticas, de modo que es un resultado claramente importante para el bienestar económico individual y para el crecimiento económico. Algunos educadores cuestionarán este enfoque tan limitado. Lo cierto es que, como señalo más adelante, muchos partidarios del uso de computadores en la escuela estiman que éstos son una herramienta valiosa porque fomentan habilidades importantes que no suelen ser medidas por puntajes en las pruebas, entre ellas el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la motivación intelectual. El hecho de que en esta reseña de la investigación se ponga énfasis en los puntajes de las pruebas no significa que esas destrezas carezcan de importancia, sólo que rara vez se las mide.

En términos generales, la evidencia sugiere que, por sí solos, los programas destinados a aumentar la cantidad de computadores en las escuelas no implicarán que los alumnos vayan a obtener mejores resultados en las pruebas. Los alumnos utilizan los computadores más

que nada para acceder a internet y para hacer sus tareas escolares. Estos usos pueden hacer poco para mejorar los puntajes. La mayoría de la evidencia de las investigaciones concluye que la instrucción basada en el computador en los casos de las matemáticas y la lecto-lectura ha resultado en mejores puntajes en estas asignaturas. Sin embargo, la evidencia no siempre es robusta, las magnitudes de los efectos varían considerablemente entre un estudio y otro, y la mayor parte de las investigaciones ha sido realizada en los Estados Unidos.

En este trabajo se procede de la siguiente manera: en la sección introductoria se entregan antecedentes sobre el incremento en el acceso a computadores en las escuelas y se describen las principales razones para dotar a las escuelas de computadores. En la sección 2 se analizan las investigaciones, y en la sección 3 se presentan las conclusiones.

1. Introducción

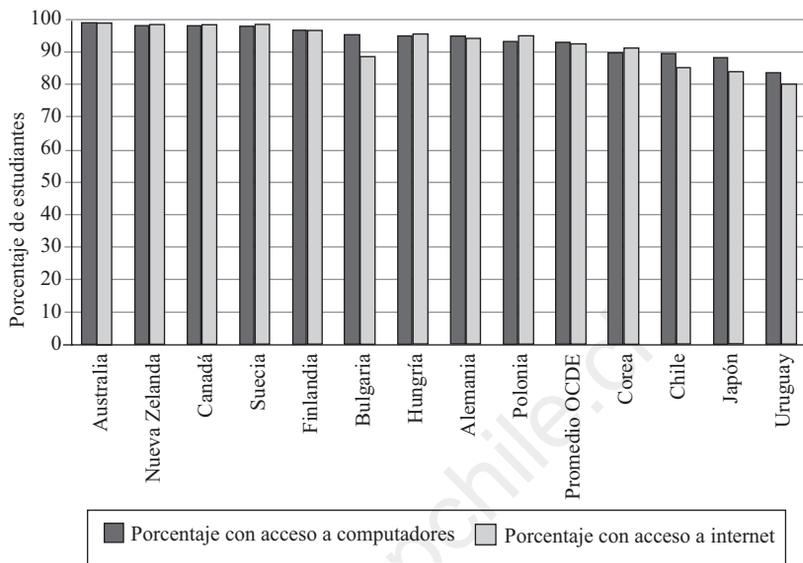
La Figura N° 1 muestra que en los países más ricos de la OCDE casi todos los alumnos declaran contar con acceso a computadores y a internet en la escuela¹. En Estados Unidos y en Gran Bretaña (no incluidos en la Figura N° 1), las aulas de prácticamente todas las escuelas han sido equipadas con computadores para impartir instrucción desde 2005 (Gray, 2010). Pero incluso en países menos ricos, entre ellos Bulgaria, Hungría, Chile y Uruguay, más del 80% de los estudiantes informan que tienen acceso a computadores e internet en la escuela².

El grado de acceso de los alumnos a los computadores depende en gran medida de la cantidad de equipos que tengan a su disposición. En la Figura N° 2 se aprecia que en 2009 la proporción de alumnos por computador para países de la OCDE era en promedio de 0,13 (lo que equivale a 7,5 alumnos por computador), cifra que casi duplica la regis-

¹ En los datos de PISA 2009 no se dispone de información sobre el acceso de los alumnos a computadores en Estados Unidos o Gran Bretaña.

² Hungría y Bulgaria tienen un PIB per cápita similar al de Chile, el cual a su vez es mayor que el de Uruguay. De los 45 países para los que PISA 2009 entrega datos sobre acceso a computadores e internet, sólo en uno (Panamá) menos del 80% de los alumnos declaró tener acceso a computadores en la escuela. Le sigue Uruguay, con el 83,8%. En cinco países de ese mismo conjunto (Italia, Turquía, Panamá, Serbia y Uruguay) menos del 80% de los alumnos afirmó que tenía acceso a internet en la escuela.

FIGURA N° 1: PORCENTAJE DE ALUMNOS CON ACCESO A COMPUTADORES E INTERNET EN LA ESCUELA, PARA PAÍSES ESCOGIDOS, PISA 2009

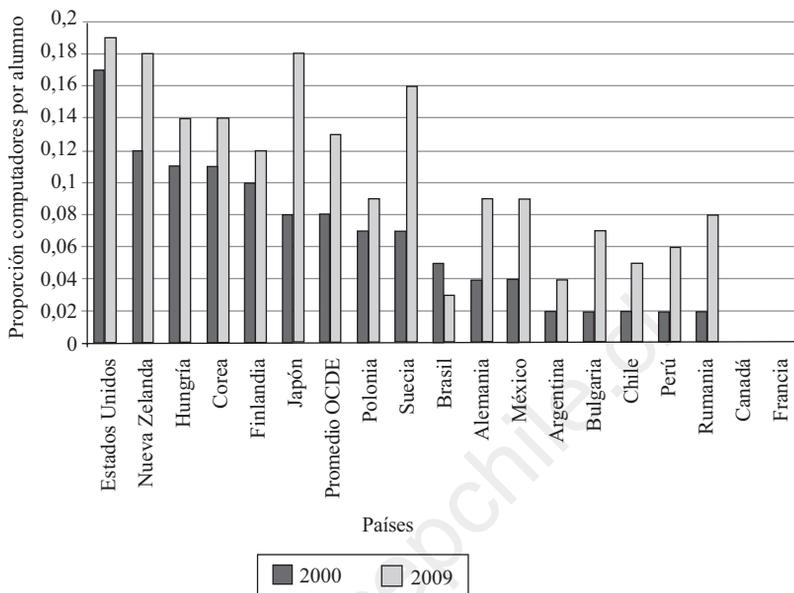


Fuente: Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías Digitales y Desempeño (Volumen VI), OCDE 2011, Tabla VI.5.9.

trada el año 2000. En todos los países, exceptuado Brasil, la proporción entre computadores y alumnos aumentó durante el período 2000-2009. En Chile el incremento fue de 0,02 a 0,06, pero las mayores alzas se apreciaron en Bulgaria, Perú y Rumania, que exhibían una proporción muy similar a la de Chile el año 2000.

La utilidad de los computadores depende no sólo de si los alumnos tienen acceso a ellos, sino además de cómo los usan y con qué frecuencia. En el Informe del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes, o Informe PISA por su sigla en inglés, se les preguntó a escolares de 15 años de edad cuánto tiempo dedicaban en una semana normal a usar en la escuela los computadores en clases de lenguaje, matemáticas y ciencias. En todos los países de la OCDE, el 84% de los alumnos señala que nunca ha usado un computador en la clase de matemáticas; el 75,4%, que nunca lo ha usado en la clase de ciencias; y el 74%, que nunca lo ha usado en la clase de lenguaje.

FIGURA N° 2: PROPORCIÓN ANUAL DE COMPUTADORES POR ALUMNO PARA PAÍSES ESCOGIDOS, PISA 2009



Fuente: Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías Digitales y Desempeño (Volumen VI), OCDE 2011, Tabla VI.5.

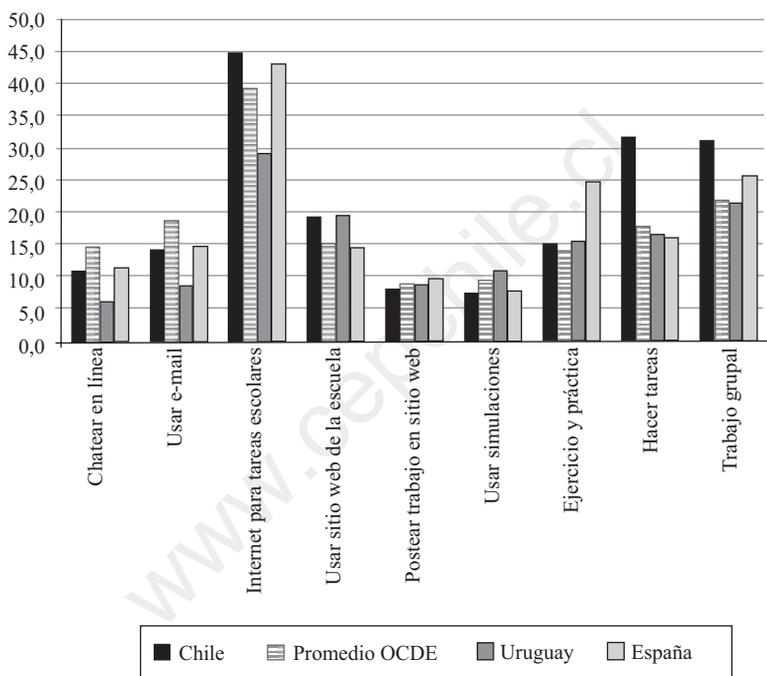
En Chile, el 83% de los alumnos declaró que, en una semana normal, nunca había usado un computador en su clase de lenguaje; el 89%, que nunca lo había usado en la clase de matemáticas; y el 83%, que nunca lo había usado en la clase de ciencias³.

En la Figura N° 3 se presentan los resultados del Informe PISA 2009 sobre la manera en que los alumnos usan los computadores en la escuela, cuando efectivamente los utilizan. Se entregan resultados para todos los países de la OCDE, para Chile y Uruguay (los únicos dos países sudamericanos incluidos en la serie de datos) y para un país europeo

³ En PISA se evalúa a escolares de 15 años de edad. En los países donde una alta proporción de jóvenes de 15 años no asisten a la escuela, las notas obtenidas en las pruebas y otros datos recopilados por PISA no serán representativos de todo ese segmento etario, por lo que no serán comparables con notas de exámenes y otros datos recogidos en países donde la tasa de matrícula escolar de la población de 15 años es más elevada.

(España). Menos de la mitad de los alumnos declaró que realizaba cada una de esas actividades al menos una vez por semana. Cuando los alumnos usan computadores en la escuela, la actividad más frecuente consiste en “navegar por internet para realizar trabajos escolares”. En los países de la OCDE, 39,2% de los alumnos afirmó que realizaba esa actividad

FIGURA N° 3: COMPARACIÓN DE LAS MANERAS EN QUE LOS ALUMNOS USAN LOS COMPUTADORES EN LA ESCUELA



Los títulos completos para las categorías son:

Chatear en línea: “Chatear en línea en la escuela”.

Usar e-mail: “Usar e-mail en la escuela”.

Internet para tareas escolares: “Navegar por internet para realizar tareas escolares”.

Usar el sitio web de la escuela: “Bajar o subir material, o navegar en el sitio web de la escuela”.

Postear trabajo en sitio web: “Postear trabajo en sitio web de la escuela”.

Usar simulaciones: “Reproducir simulaciones en la escuela”.

Ejercicio y práctica: “Ejercicio y práctica, por ejemplo para el aprendizaje de idiomas extranjeros o de matemáticas”.

Hacer tareas: “Hacer tareas individuales en un computador de la escuela”.

Trabajo grupal: “Usar los computadores de la escuela para el trabajo grupal y la comunicación con otros alumnos”.

Fuente: Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías Digitales y Desempeño (Volumen VI), OCDE 2011, Tabla VI.5.17.

por lo menos una vez a la semana en comparación con 44,7% en Chile, 42,9% en España y 29,1% en Uruguay. El siguiente uso más común de los computadores es “realizar tareas escolares individuales en un computador de la escuela”. Nuevamente, los alumnos de Chile son más proclives a hacer esto que el promedio de los estudiantes de países de la OCDE. Los alumnos chilenos también demuestran una mayor inclinación que el promedio de la OCDE a usar los computadores de la escuela para “trabajos grupales y para comunicarse con los demás”.

Los partidarios de usar computadores en las escuelas y los diseñadores de políticas han formulado a lo menos tres razones fundamentales para hacerlo: entregar alfabetización computacional y reducir la brecha digital; “revolucionar” la manera en que los profesores enseñan y los alumnos aprenden; e impartir instrucción en asignaturas académicas como parte de programas de educación virtual o de enseñanza presencial tradicional. Estas tres razones no agotan todas las formas en que los computadores podrían mejorar la educación escolar⁴. Por ejemplo, otro importante motivo podría ser el ahorro de costos. Los exámenes estandarizados podrían rendirse y corregirse de manera rápida y barata si los alumnos los respondieran en línea. Debido a que las razones que se dan para disponer de computadores en las escuelas influyen en nuestras expectativas acerca de lo que podría lograrse con los computadores, pasaré a analizar brevemente las tres principales razones formuladas.

Impartir alfabetización tecnológica. Históricamente, una importante motivación para dotar de computadores a las escuelas fue la de mejorar los conocimientos tecnológicos y reducir la “brecha digital”. La alfabetización tecnológica incluye saber: a) utilizar *hardware* y

⁴ Otros han elaborado listas de principales razones para usar computadores en la escuela. Por ejemplo, Hawkrige (1990) describió cuatro fundamentos en que se inspiran las políticas relacionadas con el uso de computadores en la educación: 1) un fundamento económico: el desarrollo de aptitudes para las TIC es necesario para satisfacer la necesidad de contar con una fuerza laboral calificada, pues el aprendizaje está relacionado con los empleos y las carreras del futuro; 2) un fundamento social: basado en la convicción de que todos los alumnos deberían tener conocimientos informáticos y estar familiarizados con los computadores para transformarse en ciudadanos responsables y bien informados; 3) un fundamento educativo: las TIC son vistas como una herramienta de apoyo que permite mejorar la enseñanza y el aprendizaje; y 4) un fundamento catalítico: se espera que las TIC aceleren las innovaciones educativas. Véase también Rochelle y otros (2001) y Laval e Hinostroza (2002).

software computacional; b) comunicarse eficazmente a través de medios electrónicos (correo electrónico, sitios web, diarios murales electrónicos, blogs, transmisión multimedia por secuencias, etc.); c) comparar y escoger entre elementos de información disponibles en formatos electrónicos; d) escoger y priorizar entre todas las aplicaciones tecnológicas; y e) minimizar los riesgos propios de la comunicación electrónica.

Según este razonamiento, los computadores e internet se están transformando progresivamente en el medio principal para comunicarse y obtener información tanto en el mercado laboral como en las tareas cotidianas, de modo que la alfabetización tecnológica ha llegado a convertirse en un requisito tan importante para el bienestar económico y social como saber leer y calcular⁵. Al proporcionar las escuelas acceso a los computadores e impartir alfabetización computacional, los alumnos mejorarán sus perspectivas de empleo, su productividad y su espíritu cívico, y al mismo tiempo se reducirá la desigualdad de oportunidades en la vida atribuible a una disparidad en el acceso a la tecnología.

Transformar la enseñanza y el aprendizaje. Una segunda razón para contar con computadores en las escuelas, relacionada con la anterior, es la de transformar el proceso educativo por la vía de modificar la manera en que alumnos y profesores obtienen información y se comunican con los demás. Según este razonamiento, permitir que los alumnos tengan acceso a un computador y a internet abre las puertas al vasto universo de la información. Gracias a ese acceso, los alumnos se convertirán en emprendedores automotivados del aprendizaje, colaborando de maneras innovadoras en el aprendizaje a través de las redes sociales y multitareas, lo que se traducirá en una comprensión más profunda y en mejores destrezas de resolución de problemas. Tan pronto como los alumnos dispongan de computadores e internet, los profesores podrán dejar de actuar como transmisores de conocimientos para transformarse en orientadores generales que ayudan a los alumnos a desarrollar conocimientos impulsados por su propia motivación.

⁵ En los objetivos de la iniciativa eEurope 2002, adoptada en la Cumbre de Lisboa, se estipula que al momento de egresar de la escuela todos los alumnos deben tener una cultura digital que los habilite para desenvolverse en una economía basada en el conocimiento (Comisión de las Comunidades Europeas, 2000).

Los partidarios más entusiastas de que los niños usen computadores sostienen que la sola presencia de estos equipos en el aula puede incrementar el aprendizaje. Por ejemplo, Sugata Mitra, quien encabezó el proyecto “Hole in the Wall” (“Agujero en la pared”) en India, señala que cuando los niños tienen acceso al computador “los maestros simplemente necesitan elaborar preguntas que susciten curiosidad e interés, y luego regresar a su asiento y contemplar admirados cómo tiene lugar el aprendizaje”⁶. En la declaración de objetivos del proyecto “One Laptop per Child” (“Un computador portátil por niño”) se dice que cuando los niños tienen acceso a un computador portátil “se involucran en su propia educación. Ellos aprenden, comparten, crean y colaboran. Logran conectarse entre sí, con el mundo y con un futuro más prometedor”⁷.

La idea de que cuando los alumnos tienen acceso a los computadores ellos aprenden por su cuenta ha llevado a muchos a creer que cuando las escuelas pongan los equipos a disposición de los estudiantes sobrevendrá una revolución en la enseñanza y el aprendizaje, pues los alumnos se sentirán motivados para aprender lo que les interesa y a su propio ritmo. Los profesores ya no controlarán el proceso de transmisión de conocimientos y, en vez de ello, orientarán a los alumnos en su autoeducación. Lo anterior se traducirá en un mejoramiento de las destrezas de pensamiento crítico de los estudiantes. Si este razonamiento es correcto, los alumnos sabrán más cuando tengan mayor acceso a computadores en la escuela.

Instrucción básica. Una tercera razón para contar con computadores en las escuelas es la de impartir una instrucción tradicional más accesible, individualizada y coherente, y que puede darse en forma presencial. En este razonamiento no se pretende que los computadores transformen el proceso de aprendizaje tradicional, sino más bien que lo mejoren. Los computadores se pueden utilizar para impartir instrucción tradicional en aulas virtuales y en salas de clases convencionales.

⁶ Entrevista publicada en *The Guardian* el lunes 18 de octubre de 2010 en <http://www.guardian.co.uk/education/2010/oct/18/sugata-mitra-slumdog-teach-self>.

⁷ La declaración de objetivos de la campaña “One Laptop per Child” puede encontrarse en <http://one.laptop.org/about/mission>.

La enseñanza asistida por computador (EAC) se refiere al uso por parte de los alumnos de un programa computacional que proporciona instrucción elemental y retroinformación sobre el rendimiento en una asignatura con el fin de aumentar los conocimientos de los alumnos en esa área. Una teoría formal de la EAC entrega varias predicciones respecto de las condiciones en que ésta debería resultar más fructífera (Barrow, Markham y Rouse, 2009). Imaginemos que el desempeño de un alumno en una asignatura depende de dos factores: horas de instrucción que el alumno recibe en la materia y una serie de características individuales del estudiante, tales como su extracción social y económica, o su nivel de habilidades cognitivas. Si se mantienen constantes las características del alumno, mientras mayor sea la cantidad de horas de instrucción, mejor será su rendimiento.

Imaginemos también una sala de clases donde el profesor divide el total de horas de enseñanza, \bar{T} , entre enseñanza grupal, T_g , y enseñanza individual, T_i , de modo que para el profesor $T_g + \sum T_i \leq \bar{T}$. En otras palabras, el tiempo que un profesor pasa en la escuela equivale a las horas que dedica a impartir enseñanza grupal más la suma de las horas que dedica a cada alumno en particular, lo que en total arroja una cifra equivalente o inferior al total de horas de enseñanza disponibles. El total de horas de enseñanza por alumno a es, entonces: $T_{ga} + T_{ia} \leq \bar{T}$. Dicho de otro modo, las horas de enseñanza para un alumno equivalen a la suma de las horas en que recibe enseñanza individual y las horas en que recibe instrucción grupal. Mientras el maestro está impartiendo enseñanza individual a otros alumnos, a no recibe ninguna enseñanza directa. A ese tiempo podemos asignarle la letra N para denotar que “no hay enseñanza directa”. Por tanto, para el alumno a , $N_a + T_{ga} + T_{ia} = \bar{T}$. Los alumnos pueden dedicar N a trabajar en hojas de ejercicios o bien a proyectos individuales o grupales, pero también podrían destinarlo a la ensoñación, a socializar o a perturbar la clase. Por tanto, N puede o no puede contribuir a mejorar el rendimiento de los alumnos.

Mientras algún otro estudiante de esta aula tradicional reciba instrucción individual, el total de horas de enseñanza recibidas por el alumno a será menor que el total de horas de enseñanza disponibles en un día. Dicho en otros términos, cuando un profesor imparte enseñanza individual a cualquier otro alumno: $N_a > 0$. Por consiguiente, en la sala de clases tradicional cada alumno recibe el máximo de horas de enseñanza cuando ningún estudiante recibe instrucción individual y todos

los alumnos reciben sólo instrucción grupal. Si la calidad de la enseñanza individualizada es mayor que la de la instrucción grupal o de N , el profesor se enfrenta a una disyuntiva entre la calidad y la cantidad de la enseñanza que recibe cada alumno: a medida que el profesor aumenta T_i para un alumno, disminuyen las horas de enseñanza para todos los demás estudiantes. Nótese que en la instrucción individual puede incluirse el tiempo que el profesor dedica a disciplinar a algunos alumnos en particular, o a atender en forma personalizada a los alumnos.

Ahora, incorporemos la enseñanza asistida por computador (EAC) en el aula. El profesor seguirá distribuyendo el tiempo entre la enseñanza grupal y la individual, pero mientras el maestro se encuentra con el alumno j , el alumno a puede recibir instrucción directa del *software* computacional, C . De este modo, el total de horas lectivas para el alumno a sería ahora: $T_{ga} + T_{ia} + EAC_a = \bar{T}$. Si los beneficios reportados por C en cuanto a adquisición de habilidades son mayores que los obtenidos gracias a N , el rendimiento de los alumnos será mayor en una clase con EAC que en un aula tradicional donde el profesor dedica algún tiempo a la enseñanza individual, porque N será reemplazada por un C de mayor calidad. De igual manera, si la calidad de la EAC es igual o superior a la de la instrucción grupal, el maestro puede sustituir la enseñanza grupal por trabajo frente al computador y así mejorar el rendimiento.

Puede que la premisa de que la calidad de la EAC es igual o superior a la de la instrucción grupal no siempre resulte válida para todas las asignaturas o para todas las clases, pero probablemente se cumple cuando las clases son numerosas o heterogéneas, cuando los profesores cuentan con una formación insuficiente y carecen de experiencia, o cuando intervienen otros factores que empobrecen la calidad de la enseñanza impartida por los docentes. Asimismo, es posible que la calidad de la EAC sea mayor que la de N cuando los profesores no pueden supervisar o diseñar adecuadamente el cronograma para el trabajo independiente de los alumnos.

Las escuelas virtuales o la enseñanza en línea corresponden a una modalidad de educación a distancia. En los niveles primario y secundario, la enseñanza virtual es una modalidad más habitual en los Estados Unidos que en la mayoría de los demás países. El National Center for Education Statistics (Centro Nacional de Estadísticas Educativas) de Estados Unidos estimó en 2008 que la cantidad de alumnos de escuelas

públicas de enseñanza primaria y secundaria inscritos en cursos de educación a distancia basada en computadores había aumentado en un 65% durante los bienios 2002-2003 y 2004-2005. Una encuesta más reciente calculó que más de un millón de alumnos de primaria y secundaria se inscribieron en cursos virtuales durante el año académico 2007-2008, aunque la mayoría sólo tomó uno o dos de dichos cursos. En el primer trimestre escolar de 2007, sólo ocho estados carecían de programas multidistritales acreditados de enseñanza virtual, mientras que veintiocho estados contaban con programas virtuales conducentes a un certificado de enseñanza secundaria. En el más grande de ellos, Florida Virtual School, tomaron parte más de 60.000 alumnos durante el período 2007-2008. Ese año un estado norteamericano dispuso que todos los alumnos de secundaria tomaran por lo menos dos cursos virtuales. En Canadá, ya en el año escolar 2003-2004 el 36% de los alumnos de secundaria tomó por lo menos un curso virtual (Ertl y Plante, 2004).

La principal diferencia entre una escuela virtual o un curso virtual y la enseñanza tradicional radica en los medios físicos que vinculan a administradores, profesores y alumnos, y no en el método pedagógico. Las escuelas y los cursos virtuales suelen mantener la tradición de un profesor (o un cuerpo docente) que imparte enseñanza, presta asesoría y califica los exámenes. El material se suele presentar en el formato clásico de libros de texto. Los computadores e internet se emplean más que nada como herramientas para entregar una educación escolar tradicional.

La educación a distancia para alumnos de enseñanza primaria y secundaria ha sido propuesta como una solución a muchos problemas educativos, entre ellos la sobrepoblación escolar, la escasez de cursos de recuperación o de cursos acelerados, o la falta de profesores calificados en algunas regiones. En ciertos casos, la relación costo-efectividad del aprendizaje virtual es un argumento de peso a su favor.

El hecho de que la mayoría de los alumnos utilice los computadores de la escuela para navegar por internet, hacer las tareas en línea, realizar trabajos grupales y comunicarse con otros compañeros implica que el argumento de “revolucionar la escuela” es el más frecuente entre profesores y administradores escolares. Estas actividades son coherentes con la visión de que darles a los alumnos tiempo libre para que exploren a través del computador les servirá para aprender. Los alumnos declaran que dedican relativamente poco tiempo a usar los computadores para “ejercitación y práctica”, lo que sería más coherente con la visión de

que los computadores son herramientas útiles para impartir enseñanza. En el cuestionario PISA ni siquiera se preguntó a los alumnos acerca de la cantidad de tiempo que dedicaban a recibir instrucción basada en el computador, lo cual sugiere que quienes elaboraron los cuestionarios no consideraron que era una categoría relevante.

3. La investigación

Se han publicado cientos de estudios sobre el uso de computadores, internet y programas computacionales específicos, a los que cada año se suman decenas de otros. Hay, asimismo, numerosas revistas dedicadas a la investigación sobre el uso de computadores en las escuelas⁸. La gran mayoría de esos estudios no permiten formarse una idea clara respecto de si el acceso a los computadores, a internet o a *softwares*, o el uso de estas tecnologías, mejora algún rendimiento académico. Por ejemplo, muchos estudios describen la manera en que profesores y alumnos reaccionan frente a la incorporación de computadores, internet o *softwares*, o bien realizan un sondeo entre los profesores para averiguar sobre su postura frente a diversos aspectos de la tecnología (por ejemplo, Tolani-Brown, 2001; Conlon y Simpson, 2003; Demetriadis y otros, 2003; Ertmer, 2005). También, muchos estudios entregan lo que podría denominarse una evaluación de procesos con respecto a la introducción de nuevas tecnologías. Estos trabajos determinan la cantidad de escuelas que acogen la tecnología o el número de usuarios y la frecuencia de uso, por lo general basándose en el testimonio de alumnos o profesores. Algunos estudios de casos sobre intervenciones específicas en pequeña escala, evalúan la manera en que las prácticas dentro del aula —pero no el rendimiento de los alum-

⁸ Entre las revistas publicadas en inglés se incluyen: *Digital Education Review*, *Journal of Computers and Education*, *Australian Journal of Educational Technology*, *British Journal of Education and Technology*, *Canadian Journal of Learning and Technology*, *Education Technology Review*, *International Journal of Instructional Media*, *Journal of Educational Computing Research*, *Journal of Educational Technology and Society*, *Journal of Research on Technology in Education*, *Journal of Technology & Teacher Education*, y muchas otras más. Ello sin contar las por lo menos quince revistas dedicadas únicamente al aprendizaje a distancia (publicadas en Hong Kong, Turquía, España, Gran Bretaña, EE.UU., Canadá, India, Francia y Australia).

nos— se modifican tras la intervención (por ejemplo, Bosch, 2009; Light y otros, 2009; Harrison y otros, 2002).

Yo me concentro en las investigaciones que procuran estimar el efecto causal en el desempeño académico del acceso a (o uso de) computadores, computadores e internet, o enseñanza basada en computadores en las escuelas. Muchos estudios aparentan hacerlo, pero utilizan métodos que no son adecuados para establecer que los cambios detectados en el rendimiento son causalmente atribuibles al uso de la tecnología. En las evaluaciones PISA, Finlandia y Corea invariablemente figuran entre los países con los máximos puntajes en los exámenes de matemáticas y lectura. Países sudamericanos como Chile y Argentina siempre obtienen puntajes muy inferiores. En 2009, Finlandia y Corea contaban con un computador por cada 7 a 8 alumnos. En Chile había alrededor de un computador por cada 20 alumnos, y en Argentina alrededor de uno por cada 25 estudiantes. Por supuesto que de lo anterior no puede inferirse que si en las escuelas de Chile y Argentina aumentara la cantidad de computadores mejorarían sus resultados en los exámenes, porque en la disparidad de puntajes intervienen muchos otros factores que diferencian a los países sudamericanos de Finlandia y Corea. Para estimar el efecto causal del uso de computadores en las escuelas debemos controlar todas las diferencias relevantes entre países (o escuelas o aulas), con y sin computadores⁹. Algunos estudios controlan las diferencias observadas entre alumnos o escuelas al momento de estimar el efecto de la tecnología en el rendimiento académico. Esta estrategia resulta ser, por lo general, insatisfactoria, pues siempre existe la posibilidad de que se haya omitido un factor relevante del modelo, y de que alguna variable del mismo sea al menos parcialmente endógena, lo que quiere decir que es hasta cierto punto atribuible a diferencias

⁹ Al hablar de diferencias relevantes me refiero a todos los factores correlacionados con el acceso a la tecnología que también origina el resultado. El más obvio es la estructura económica de las escuelas. Las escuelas con más recursos económicos proporcionan un mayor acceso a los computadores. Puesto que los estudiantes de familias más acomodadas también obtienen puntajes más altos en los exámenes cognitivos, observaremos una correlación positiva entre el acceso a computadores y los puntajes en los exámenes. Independientemente de los diversos factores que influyen en que algunos niños tengan mayor acceso que otros a computadores (por ejemplo, el valor que los padres le asignan a la educación, el hecho de que las escuelas estén situadas en zonas urbanas o rurales, la calidad del liderazgo escolar, etc.), siempre existe la posibilidad de una “heterogeneidad no observada” en los estudios observacionales.

tecnológicas¹⁰. En algunos estudios se intenta parear (*match*) a alumnos que usan computadores con estudiantes de similares características que no los emplean. El método más riguroso para hacerlo consiste en usar el pareo del grado de propensión (*propensity score matching*), en el que se estima una probabilidad prevista de formar parte del “grupo de tratamiento” frente al “grupo de control”, el que se configura en base a predictores observados para crear un grupo contrafactual. El grado en que lo anterior permite obtener estimaciones de efecto no sesgadas dependerá de la calidad del proceso de pareo, el que a su vez dependerá de los datos disponibles para parear.

Hay una diversidad de técnicas experimentales y econométricas que permiten aumentar la confianza en que los efectos estimados son causales. Entre ellas se incluyen los modelos de diferencias-en-diferencias (*difference-in-difference*), el diseño de discontinuidad en la regresión (*regression discontinuity*), y los modelos de variables instrumentales. Muchos de los mejores estudios utilizan experimentos controlados aleatorios (*randomized control trials*, RCT, por sus siglas en inglés), en los que se aplica un “tratamiento” tecnológico a un grupo de alumnos (o de escuelas o de cursos) escogidos en forma aleatoria, y se observa la diferencia de resultados entre este grupo y un grupo de control seleccionado aleatoriamente que no recibe el tratamiento. Un RCT adecuadamente diseñado es el método más eficaz para determinar la magnitud del efecto producido por un tratamiento. Sin embargo, muchos RCT no están bien diseñados. Por ejemplo, en varios de ellos el tamaño de la muestra es demasiado reducido para detectar efectos particularmente importantes. Yo me concentro en estudios que emplean métodos experimentales o econométricos bien diseñados que permiten aumentar la confianza en que los efectos estimados son causales.

La tecnología ha evolucionado muy rápido durante las últimas décadas. Tanto el *hardware* como los *softwares* y los contenidos de internet han variado de manera impresionante. De modo que estudios sobre avances ocurridos en décadas tan recientes como la de 1990 y la

¹⁰ En este caso, un factor endógeno es uno que en parte deriva de la disponibilidad o del uso de la tecnología bajo estudio. Si por el hecho de tener computadores en las escuelas aumenta la habilidad de los profesores en el manejo de estos equipos, y ello se traduce en una mejor enseñanza de las matemáticas por parte de los maestros, entonces al controlarse la competencia de los profesores en el manejo del computador se obtendrán estimaciones sesgadas hacia abajo del efecto atribuible al acceso a computadores en los puntajes obtenidos en matemáticas.

de 2000 podrían no ser aplicables para la situación actual. Por eso me concentro únicamente en las investigaciones realizadas a partir del año 2000, y no llevo a cabo un meta-análisis formal. A continuación describiré los resultados de varios meta-análisis que se han realizado, y me referiré a algunos de los problemas típicos que presenta este enfoque para resumir la investigación.

Esta reseña se inicia con una breve discusión sobre si la presencia de computadores en las escuelas permite aumentar el nivel de alfabetismo computacional. La discusión es breve porque existe escasa evidencia directa para responder a la interrogante. Luego paso a las investigaciones que realizan estimaciones de si los puntajes de los alumnos en las pruebas mejoran cuando ellos tienen acceso a computadores en la escuela y si el rendimiento académico mejora cuando los alumnos reciben enseñanza basada en el uso de computadores.

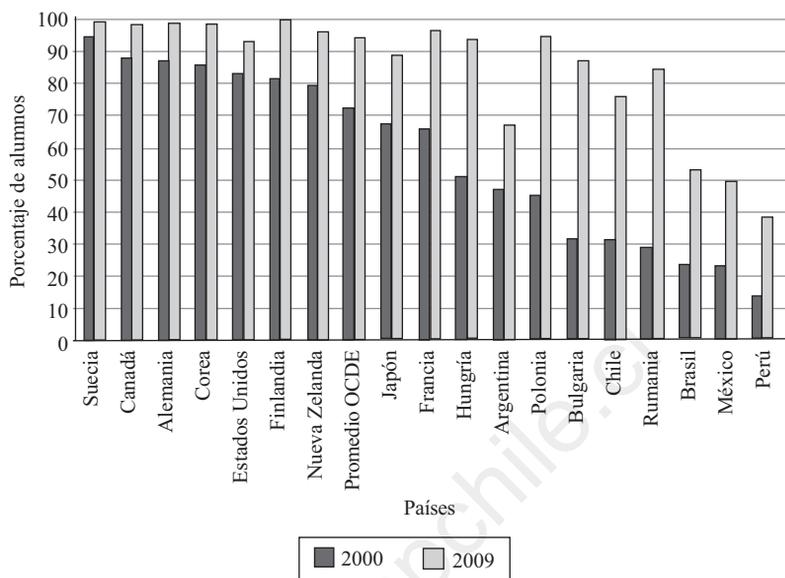
¿Permite el acceso a computadores en las escuelas aumentar el grado de alfabetismo computacional?

Se podría pensar que el nivel de alfabetismo computacional de los alumnos inevitablemente aumentará gracias al acceso a los computadores en las escuelas. Pero si los alumnos utilizan rara vez estos equipos, difícilmente llegarán a aprender mucho sobre cómo usarlos. Por otra parte, incluso si los alumnos utilizan los computadores de la escuela, pudiera ser que la mayor parte de sus habilidades informáticas las adquieran de amigos, familiares o de otras fuentes ajenas al establecimiento de enseñanza. Aun cuando se dispone de escasas evidencias directas, las evidencias indirectas sugieren que las escuelas no cumplen un papel principal en la alfabetización computacional.

La disponibilidad de computadores en el hogar ha aumentado de manera impresionante, incluso en los países menos desarrollados. En la Figura N° 4 se muestra el porcentaje de alumnos participantes en la evaluación PISA 2009 que señaló disponer de un computador en el hogar en el año 2000 y en el 2009 para países escogidos, y el promedio para los países de la OCDE¹¹. En 2009, el promedio para países de la

¹¹ En PISA 2009 participaron 64 sistemas económicos, en su mayoría países, incluido Chile. En PISA se evalúan las habilidades matemáticas, lectura y ciencias de escolares de 15 años de edad. Véase http://www.pisa.oecd.org/page/s/0,3417,en_32252351_32235907_1_1_1_1_1,00.html (visitado el 30/1/2012).

FIGURA N° 4: PORCENTAJE DE ALUMNOS CON UN COMPUTADOR EN CASA, POR AÑO, PISA 2009



Fuente: Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías Digitales y Desempeño (Volumen VI), OCDE 2011, Tabla VI.5.2.

OCDE era de más del 90%. Entre 2000 y 2009 el máximo aumento en el porcentaje de alumnos con computadores en el hogar se observa en países que el año 2000 registraron la menor cantidad de alumnos con acceso a un computador en el hogar. En Chile, cerca del 75% de los alumnos participantes en la evaluación PISA declaró poseer un computador en casa en 2009. Cuando los estudiantes usan los equipos fuera de las aulas, es probable que la necesidad de enseñar computación en las escuelas disminuya. Además, a medida que se ha generalizado la presencia de los computadores, su manejo se ha ido simplificando, por lo que a los alumnos les resulta mucho más fácil llegar a dominar rápidamente los programas computacionales de uso común. Esto también disminuye la necesidad de que las escuelas dediquen demasiado tiempo a la alfabetización en computación.

Se suele citar el programa chileno *Enlaces* como modelo para el uso de la tecnología computacional en países en desarrollo de ingresos medios, y el alfabetismo computacional es una razón fundamental expli-

cita para que las escuelas chilenas cuenten con computadores. Cuando en una encuesta aplicada en Chile el año 2004 se preguntó a los alumnos quién les había enseñado a usar internet, el 55% respondió “sus amigos”, el 34% “otras personas”, el 29% señaló que había aprendido por su cuenta, y sólo el 9% dijo que había aprendido de sus profesores (Hinos-troza y otros, 2005). Se trata de una constatación habitual en países de todo el mundo: gran parte de los conocimientos sobre el uso de computadores y de internet se ha recibido a través de “redes de amistades” y no del aprendizaje formal en la escuela.

En esta misma encuesta se descubrió que los alumnos se mostraban más propensos que los maestros a señalar que eran “muy buenos” en el uso de los computadores para navegar por internet, realizar presentaciones y chatear. Profesores y estudiantes señalaban poseer destrezas similares en el uso del correo electrónico. Más profesores declararon ser ‘buenos’ en el uso de *softwares* educativos; sólo el 17% de los alumnos afirmó ser “bueno” en esta materia, en comparación con el 33% de los docentes. Sin embargo, en la misma encuesta salió a relucir que el acceso a computadores en zonas rurales de Chile tiene lugar mayormente en las escuelas. Lo anterior sugiere que, si bien en promedio la enseñanza de computación en las escuelas puede resultar cada vez más innecesaria, los computadores instalados en estos recintos (o en otros lugares públicos) aún pueden seguir cumpliendo un importante papel en la reducción de la brecha digital en zonas rurales o desfavorecidas.

En la evaluación PISA 2009, todos los alumnos fueron sometidos a un examen de lectura en soporte impreso (con lápiz y papel), mientras que los alumnos de un subgrupo de 18 países también rindieron el mismo examen en su versión digital, en el que debieron poner en práctica sus habilidades para el manejo de medios electrónicos, entre ellas las de navegación y búsqueda. Los alumnos que están familiarizados con el uso de medios digitales deberían desempeñarse prácticamente igual en las versiones impresa y digital del examen, porque los niveles de competencia lectora requeridos son similares para ambas. Pero es probable que los estudiantes no habituados a los medios digitales obtengan peores resultados en el formato virtual, ya que no tendrán las destrezas tecnológicas necesarias para usar los programas digitales. Si las escuelas cumplen un papel importante en aumentar el alfabetismo tecnológico, entonces cabría esperar que los estudiantes que asisten a escuelas con una alta proporción de computadores por alumno obtendrán mejores

puntajes en el examen de lectura digital que aquellos que asisten a escuelas que cuentan con menos equipos. Sin embargo, tanto en Chile como en el promedio de todos los países participantes de la OCDE, una vez controladas la extracción socioeconómica de los alumnos y la composición socioeconómica de las escuelas, en las evaluaciones de lectura digital los estudiantes que asisten a escuelas con una proporción de computadores por alumno superior al promedio obtuvieron un puntaje similar al de los alumnos que asisten a escuelas con una proporción inferior al promedio¹². No todos los alumnos que asisten a escuelas equipadas con computadores los utilizan efectivamente. En Chile, los estudiantes que señalaron que usaban el computador en la escuela no obtuvieron un mejor puntaje en la evaluación de lectura digital que los alumnos que declararon que no empleaban computadores en sus aulas. En todos los países de la OCDE*, los alumnos que declaraban utilizar el computador en la escuela obtenían en la evaluación digital de lectura un puntaje promedio superior en 9 puntos al de los estudiantes que señalaron que no usaban computadores en su establecimiento educacional¹³.

Lo anterior sugiere que las escuelas no están mejorando el tipo de alfabetización tecnológica que requiere una actividad de lectura digital. Ello puede deberse a que el nivel de habilidad tecnológica necesario para la evaluación PISA era tan bajo que casi todos los alumnos habían adquirido esas habilidades en otra parte, o bien que era posible asimilarlas rápidamente al momento de rendir el examen. Las escuelas podrían cumplir una importante función en la tarea de enseñar habilidades tecnológicas especializadas o de nivel superior en los alumnos dispuestos a adquirirlas, pero da la impresión de que la mayoría de los estudiantes ha aprendido de otras fuentes las destrezas básicas necesarias para usar los medios digitales.

Los resultados de las evaluaciones PISA no constituyen una evidencia definitiva sobre el papel de las escuelas en la alfabetización tecnológica. Con todo, el hecho de que los computadores se hayan

¹² Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Desempeño, Volumen VI, Tabla VI.6.3.

¹³ Resultados de PISA 2009 Estudiantes en Línea: Tecnologías de la Información y la Comunicación y Desempeño, Volumen VI, Tabla VI.6.4. La desviación estándar en los puntajes obtenidos en los exámenes digitales de lectura fue de 90, de modo que una diferencia de 9 puntos equivale a una desviación estándar de 10%.

* Chile ingresó a la OCDE en enero de 2010, por lo que en la evaluación PISA 2009, aún no era miembro de esa organización. (N. del E.)

transformado en una herramienta más común en el hogar, el que los alumnos declaren que han aprendido a usar el computador recurriendo principalmente a fuentes ajenas a la escuela y los resultados de las evaluaciones PISA, sugieren, todos ellos en conjunto, que las escuelas están cumpliendo un papel cada vez menor en la adquisición de destrezas tecnológicas generales por parte de los estudiantes. Aun así, sería preciso efectuar un estudio a fondo para determinar la necesidad de los alumnos de adquirir habilidades tecnológicas generales, y para comprender cuál es la manera más eficaz en que las escuelas pueden ayudarlos a adquirir esas habilidades.

¿Permite el acceso a computadores y a internet en la escuela mejorar los puntajes en las pruebas?

Los resultados de las evaluaciones PISA no nos aclaran mayormente si el acceso a un computador mejora las habilidades cognitivas, ya que en la evaluación de lectura digital se midió tanto la competencia lectora como la habilidad para usar medios digitales. Para determinar si el acceso a computadores permite mejorar los puntajes en las pruebas, me he basado en estudios que aleatoriamente aumentan la cantidad de computadores en algunas escuelas y no en otras. En la Tabla N° 1 se muestran los resultados de siete de dichos estudios. En ellos se calcula el efecto de los programas destinados a aumentar la cantidad de computadores disponibles para los alumnos. No estiman el efecto de que los alumnos hayan usado de manera más intensiva los computadores o que los hayan destinado a algún fin particular. La lógica para la mayoría de los programas evaluados por los estudios en la Tabla N° 1 era que si se dispone de más computadores, los alumnos los utilizarán más intensivamente, lo que redundará en un mejoramiento de sus logros cognitivos.

De los siete estudios presentados en la Tabla N° 1, que abarcan seis países, sólo uno respalda el argumento de que el mero hecho de facilitar computadores a las escuelas conduce a un mejoramiento del rendimiento cognitivo de los alumnos. En dicho estudio, Machin y otros (2005) se basan en una modificación —introducida en 2001— de las normas sobre inversión en tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) en escuelas británicas para identificar el efecto del aumento en el número de computadores en las salas de clases, y de

TABLA N° 1: ESTUDIOS EXPERIMENTALES Y CUASIXPERIMENTALES SOBRE EL EFECTO DEL ACCESO A COMPUTADORES EN LOS PUNTAJES OBTENIDOS EN LOS EXÁMENES

Autor (Año)	País	Intervención	Observaciones sobre el modelo	Resultado de introducir computadores adicionales
Angrist y Lavy (2002)	Israel	La lotería estatal financia la incorporación de computadores sólo en algunas escuelas.	Experimento aleatorio.	El hecho de recibir financiamiento para adquirir computadores no favorece un mejor rendimiento y es posible que lo afecte negativamente.
Goolsbee y Guryan (2006)	EE.UU., California	Programa federal de descuento en telecomunicaciones para escuelas (programa E-Rate): subsidio estatal para financiar el acceso a internet y a <i>software</i> de comunicaciones en las escuelas.	Determinar la variable instrumental empleando como instrumento el monto del subsidio a internet.	El subsidio aumentó el acceso a internet, pero no tuvo ningún efecto en el rendimiento.
Leuven y otros (2004)	Holanda	Programa financiado por el sector público para dotar de personal complementario o de computadores adicionales con <i>software</i> a escuelas con un 70% de alumnos con bajo rendimiento.	Modelo de discontinuidad en la regresión: nótese que las escuelas donde estudian los grupos tratados y no tratados ya cuentan con un computador por cada 5 alumnos.	Los alumnos en las escuelas tratadas pasan un promedio de 50 minutos más frente al computador. Pero el hecho de recibir fondos para adquirir computadores no produce ningún efecto en el rendimiento (tampoco éste se ve influido por la entrega de fondos adicionales para contratación de personal).
Barrera-Osorio y Linden (2009)	Colombia: Programa "Computadores para Educar", destinado a facilitar computadores	El programa tiene por objetivo aumentar la cantidad de computadores en las escuelas, y se concentra en el empleo de control	Experimento aleatorio; se escoge a 97 escuelas para que se sometan al tratamiento o actúen como grupo de control	Gracias al programa aumentó la cantidad de computadores en las escuelas, pero los computadores adicionales <i>no tuvieron ningún efecto</i> en los puntajes en los exámenes de matemáticas

y castellano; los computadores no eran usados para enseñar materias, sino para enseñar habilidades computacionales.

re acondicionados los computadores para la enseñanza del español y de otras asignaturas. docente a las escuelas receptoras de los computadores.

Ejecto positivo de la introducción de computadores adicionales en el rendimiento en lectura y ciencias —pero no en matemáticas— en las escuelas primarias.

Modelo de variable instrumental con un cambio en las normas como instrumento.

Un cambio en las normas para financiar la introducción de computadores en las escuelas, en virtud del cual se asignaron más fondos a algunas autoridades de áreas locales, y no a otras.

Ejecto negativo de los laboratorios de computación en matemáticas y lectura.

Modelo de pseudopanel, controla factores asociados al entorno familiar (computador en el hogar), y los recursos con que cuentan las escuelas.

La encuesta SAEB aplicada a profesores, directores y alumnos; 1999, 2001 y 2003.

Ningún efecto de OLPC en los puntajes de matemáticas y lectura.

Experimento aleatorio con observaciones de clases y encuestas en 319 escuelas en área rurales.

El gobierno de Perú distribuyó un computador portátil por niño (OLPC), con extensos *software*s, en áreas rurales pobres. Seguimiento por 15 meses.

Machin y otros (2005)
Escuelas primarias británicas

Sprietsma (2007)¹
Brasil

Cristia *et al.* (2012)
Perú

¹ 'Sistema de Avaliação do Ensino Básico' administrado por el 'Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais' (Instituto Nacional de Estudos e Investigações em Matéria de Educação) En la técnica del pseudopanel se utilizan varios años de datos transversales repetidos para agrupar a las personas en seudocohortes sobre la base de características permanentes observables. Estas cohortes se crean en cada oleada en función de los mismos criterios. Si, por ejemplo, el criterio para formar parte de una misma cohorte es el lugar de nacimiento, entonces podríamos crear grupos de personas nacidas en el mismo municipio. Estos grupos de personas "similares" por construcción existen en todos los años para los cuales disponemos de datos. El método del pseudopanel en una estimación con datos de panel con efectos fijos consiste en utilizar las seudocohortes creadas en lugar de los individuos. La variación en el uso de computadores e internet en todas las cohortes y a lo largo del tiempo permite que este modelo identifique el impacto de la disponibilidad y el uso de computadores en las notas obtenidos por los alumnos en los exámenes.

la capacitación de los profesores en TIC, en los puntajes obtenidos en pruebas de matemáticas y lectura. Ellos encontraron que el suministro adicional de computadores y la capacitación de los maestros tenían un efecto positivo en los puntajes alcanzados por los alumnos en pruebas de lectura y ciencias (no de matemáticas).

El último estudio consignado en la Tabla N° 1 (Christia y otros, 2012) es digno de mención ya que es la única evaluación rigurosa del programa “Un Computador Portátil por Niño” (OLPC por su sigla en inglés). Quince meses después de que los computadores incluidos en esta iniciativa fueron distribuidos en Perú, el programa no había evaluado los efectos en los puntajes de matemáticas o lectura. Sin embargo, los niños y niñas que recibieron un computador obtuvieron mejores puntajes en las matrices progresivas de Raven, que es una medida no verbal del razonamiento abstracto. Un experimento aleatorio realizado recientemente en Rumania mostró que el hecho de tener un computador en el hogar mejoraba el rendimiento en las matrices progresivas de Raven, pero se traducía en un menor puntaje en pruebas cognitivas (Malamud y Pop-Eleches, 2011). Ambos estudios dan a entender que cuando los alumnos usan computadores sus habilidades de razonamiento abstracto mejoran, pero ello no redundaba en un puntaje más alto en evaluaciones de competencia lectora y habilidades matemáticas.

Los estudios observacionales sugieren la posibilidad de un retorno decreciente de los computadores en las escuelas en lo que respecta a mejorar las notas en las pruebas. Por ejemplo, un estudio citado con frecuencia (Fuchs y Woessmann, 2004), el cual utiliza datos de PISA, estima que una vez que se controlan un conjunto de factores asociados al entorno escolar y familiar, la relación entre el acceso a un computador en la escuela y los puntajes alcanzados en pruebas de matemáticas y lectura carece de significación estadística. Dichos resultados están en consonancia con la mayoría de las evidencias presentadas en la Tabla N° 1. Con todo, los investigadores también constataron que tanto los alumnos que casi nunca usan el computador en la escuela, como aquellos que lo utilizan varias veces por semana, obtienen puntajes *más bajos* en lectura y matemáticas que los estudiantes que usan el computador en la escuela durante un período moderado. Ello sugiere que la presencia de computadores en las escuelas es beneficiosa, pero su retorno es decreciente (y luego, negativo), al menos tal como se los está empleando actualmente. Como ya se señaló, los alumnos usan los computadores

en la escuela más que nada para acceder a internet, realizar tareas en la escuela y trabajar en proyectos grupales con otros compañeros de clase. Estos usos de los computadores en la escuela no contribuyen, evidentemente, a mejorar los puntajes en las pruebas.

¿Permite la enseñanza mediante computadores mejorar los puntajes en las pruebas?

Las investigaciones sobre enseñanza asistida por computador (EAC) e instrucción virtual difieren de las investigaciones sobre disponibilidad y uso de computadores por el hecho de concentrarse específicamente en el empleo de *software* para enseñar asignaturas académicas. Como ya se indicó, éste no es el uso que la mayoría de los alumnos da a los computadores en la escuela.

Determinar si la EAC aumentará el rendimiento cognitivo constituye un desafío. El experimento mental que la mayoría de las personas realiza cuando se pregunta si la enseñanza computacional “da resultado” es si los alumnos aprenden más cuando reciben enseñanza de un computador que cuando se las imparte un profesor en una sala de clases convencional. Teniendo en cuenta este experimento mental, el que la EAC “dé resultado” dependerá en parte de lo que ocurra en el aula tradicional. Es más difícil que la EAC permita obtener mejores puntajes que la experiencia en el aula tradicional cuando ésta cuenta con un excelente profesor, con alumnos y familiares motivados, y con materiales didácticos de alta calidad en comparación con los casos en que la sala de clases convencional es de menor calidad. Asimismo, en los países desarrollados la mayoría de las clases disponen actualmente de computadores. Cuando los investigadores introducen un nuevo programa de EAC en algunas escuelas (o aulas), pero no en otras incluidas en un grupo de control, los alumnos de este último grupo probablemente usarán computadores y *software*. De modo que la comparación es entre el uso de un nuevo *software* y el *software* que usan los alumnos del grupo de control, y *no* entre el uso y el no uso de EAC. Si la EAC da resultado, cabe esperar que la magnitud del efecto de esta comparación sea menor que el producido si comparáramos a los alumnos que reciben EAC con aquellos que no la reciben.

Imaginemos un estudio en el que los alumnos de una misma aula son escogidos aleatoriamente para recibir EAC (grupo experimental) o para no recibirla (grupo de control). Los alumnos del grupo de control

pueden interactuar fácilmente con los del grupo experimental y de hecho a veces incluso pueden usar los computadores y el *software* utilizados por este último. Si como resultado de esta interacción los miembros del grupo de control aprovechan las experiencias de los miembros del grupo experimental, se produce lo que denominamos un “derrame” (*spillover*) positivo, el cual probablemente llevará a los investigadores a subestimar los beneficios de la EAC. Las posibilidades de que se produzcan “derrames” positivos son más remotas cuando los grupos de tratamiento y de control se encuentran en escuelas distintas o bien en emplazamientos que dificultan la interacción.

Puesto que se han realizado tantos estudios individuales sobre EAC, los investigadores los han sometido a numerosos meta-análisis. Los meta-análisis son de utilidad para resumir una gran cantidad de estudios, pero así como arrojan luz también pueden confundir. Casi todos los meta-análisis sobre EAC dan la misma ponderación a los estudios que incluyen distintas poblaciones, por ejemplo alumnos aventajados y de menor rendimiento. Esto implica que se espera un efecto de igual magnitud para todas las poblaciones. Los meta-análisis también incluyen estudios con diferentes grupos de comparación. Por ejemplo, en algunos estudios el grupo de comparación no utiliza ningún *software* computacional, y en otros puede usar un *software*, incluido el *software* que está siendo evaluado. Los meta-análisis también asignan la misma ponderación a estudios donde es posible obtener “derrames” que a aquellos donde dichos efectos son muy improbables. Puesto que se dispone de muy pocos estudios de ECA, los meta-análisis asignan la misma ponderación a estudios con una diversidad de diseños de investigación.

En las investigaciones sobre EAC, la intervención específica consiste en la introducción de un *software* computacional concebido para el desarrollo de destrezas específicas. Sin embargo, diferentes programas están pensados para distintos propósitos. Por ejemplo, algunos programas de *software* están diseñados para cursos acelerados de matemáticas y otros para cursos de recuperación de matemáticas; algunos para la enseñanza del álgebra y otros para la enseñanza de nociones de suma. Las diferencias en la magnitud del efecto pueden ser reflejo de diferencias en el grado de compatibilidad de las distintas destrezas con la EAC.

Cuando los investigadores escogen estudios para someterlos a un meta-análisis suelen definir criterios de inclusión. Las conclusiones

de un meta-análisis dependerán de los criterios empleados para seleccionar los estudios. En los primeros meta-análisis se incluían casi todos los estudios; en los posteriores se consideran sólo estudios con una duración definida y que contienen un grupo de comparación. Algunos comprenden otros criterios y otros consideran sólo *softwares* para propósitos específicos como lectura o matemáticas. Eso sí, todos los meta-análisis incluyen estudios que difieren entre sí en cuanto al método, la implementación y el producto estudiado. Por tanto, las diferencias en las magnitudes de los efectos de distintos estudios podrían indicar que los *softwares* tienen diversos grados de eficacia, que algunas habilidades son más compatibles que otras con la EAC, o que las diferencias en el diseño de los estudios producen efectos distintos. Con todo, los meta-análisis ofrecen un útil punto de partida para resumir las investigaciones sobre EAC.

Durante las dos últimas décadas, la mayoría de las investigaciones realizadas en Estados Unidos han demostrado que el uso de EAC en lectura y matemáticas aumenta los puntajes obtenidos en las pruebas por alumnos de enseñanza primaria y secundaria. Por ejemplo, Murphy y otros (2001) descubrieron que en 31 estudios efectuados entre 1993 y 2000 el uso de EAC había permitido mejorar los puntajes en las pruebas de lectura en un promedio de 0,35 desviaciones estándar, y en las pruebas de matemáticas en un promedio de 0,45 desviaciones estándar. Otras revisiones y meta-análisis realizados durante una primera etapa en Estados Unidos (por ejemplo, National Center for Educational Statistics, 2001a y 2001b; Kulik, 2003; Cox y otros, 2003; Waxman y otros, 2003) encontraron sin excepción efectos positivos en los puntajes de las pruebas. No obstante, muchas estimaciones iniciales del efecto de EAC en el rendimiento tienen un valor limitado, pues en ellas la investigación no tomó en cuenta los factores de endogeneidad, y por tanto no pudo determinar la relación causal entre el uso de computadores y el desempeño académico.

Meta-análisis recientes, en los que se aplican criterios más rigurosos para incluir los estudios, también arrojan tamaños de efecto positivos para el uso de computadores en la instrucción, principalmente en Estados Unidos, y de preferencia en grupos desfavorecidos de la población. Entre ellos se incluyen Cheung y Slavin (2011a y 2011b); Li y Ma (2010); Rakes, Valentine, McGatha y Ronau (2010); Slavin y Lake (2008); y Slavin, Lake y Groff (2009). En siete meta-análisis efectuados

entre 1991 y 2003, que evaluaron el uso de tecnología educativa destinada a aumentar la competencia lectora, el tamaño de efecto promedio fluctuó entre 0,12 y 0,43 (Cheung y Slavin, 2011a). En veintinueve meta-análisis que incluyeron investigaciones realizadas entre 1960 y 2010 sobre el uso de la tecnología educativa diseñada para mejorar el rendimiento en matemáticas, el tamaño del efecto promedio varió entre 0,10 y 0,62, con un tamaño de efecto promedio ponderado de 0,31 (Cheung y Slavin 2011b). En once de estos meta-análisis el tamaño de efecto fue superior a 0,30, y en cinco fue inferior a 0,20.

Cheung y Slavin (2011a) incluyen 64 estudios de calidad relativamente alta sobre programas de EAC destinados a aumentar el alfabetismo en alumnos de kindergarten y enseñanza primaria. Las evaluaciones se efectuaron entre 1983 y 2010 (todas en Estados Unidos, a excepción de una en Finlandia y dos en Australia)¹⁴. En la gran mayoría de los estudios, los alumnos participantes provenían de familias y escuelas desfavorecidas. Como se aprecia en la Tabla N° 2, en todas las evaluaciones, salvo en diez, se obtuvieron tamaños de efecto positivos. Por lo general, los tamaños de efecto negativos no eran estadísticamente significativos a niveles convencionales, y su tamaño de efecto promedio no ponderado era de $-0,100$. En la mayoría de los estudios se obtuvieron tamaños de efectos positivos inferiores a 0,20. El tamaño de efecto promedio ponderado para los 64 estudios fue de 0,170. Sin embargo, en este promedio se pasan por alto algunas distinciones importantes.

De estas 64 evaluaciones, 26 tuvieron lugar antes de 2000. La evidencia respecto de si los tamaños del efecto han variado con el tiempo es equívoca (Kulik y Kulik, 1987; Fletcher-Finn y Gravatt, 1995; Liao, 1998; Christmann y Bagdett, 2003). Cheung y Slavin (2011a) no encuentran diferencias estadísticamente significativas entre los tamaños de los efectos encontrados en estudios iniciales comparados con estudios más recientes, pero ello podría deberse a que los estudios mismos han cambiado. Por ejemplo, si una cantidad mayor de grupos de control está usando un *software* de EAC, se prevén efectos de tamaños inferiores.

¹⁴ Cheung y Slavin (2011a y b) también incluyen estudios en que se evalúa el efecto de sistemas de aprendizaje controlados por computadores, pero los omito de este resumen de su trabajo. Asimismo, Cheung y Slavin (2011a) incluyen algunos estudios en que se evalúan “aplicaciones tecnológicas innovadoras”, que incluyo en el resumen de los meta-análisis porque la mayoría de ellos podrían considerarse versiones de EAC.

TABLA N° 2: RESUMEN DE ESTUDIOS SOBRE ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADOR

	Enseñanza primaria		Enseñanza secundaria	
	Alfabetización	Matemáticas	Alfabetización	Matemáticas
Cantidad total de estudios	64	39	17	24
Con TE > .30	8	11	7	4
Con TE .20-.29	13	6	1	5
Con TE < .20	33	16	8	10
Con TE negativo	10	6	1	4
Cantidad de estudios de RTC				
en gran escala	14	4	0	9
Con TE > .30	0	2	0	1
Con TE .20-.29	3	0	0	0
Con TE < .20	11	2	0	5
Con TE negativo	0	0	0	3

Fuente: Cheung y Slavin 2011a y 2011b.

De las 64 evaluaciones, sólo 14 usan métodos de RTC (*randomized control trials*) con una muestra amplia (más de 250 alumnos). Las 14 fueron realizadas desde el año 2000. Todos los tamaños de efecto para estos estudios son positivos y la mayoría son inferiores a 0,20. Con todo, de estos 14 estudios de RTC, 6 fueron realizados como parte de un estudio en gran escala patrocinado por el Departamento de Educación de Estados Unidos (Campuzano y otros, 2009; Dynarski 2007, y Dynarski y otros, 2009) a solicitud del Congreso. Estas evaluaciones son habituales en gran parte de las investigaciones sobre la eficacia de *softwares* educativos, y en ellas se pone de relieve un problema mencionado anteriormente. En el estudio se evaluó el uso de 16 *softwares* educativos para matemáticas y lectura en primero, cuarto y sexto año de primaria. Dentro de cada escuela seleccionada para participar, los profesores de los correspondientes cursos que se ofrecieron como voluntarios fueron escogidos al azar para utilizar el producto en estudio (el grupo de tratamiento) o para no usarlo (el grupo de control). En el influyente informe presentado al Congreso se concluyó que no se observaba un mejoramiento de los puntajes en las pruebas atribuible al uso de un *software* en la sala de clases. Sin

embargo, ni los distritos escolares ni las escuelas fueron escogidos en forma aleatoria, y si bien los investigadores controlaron las diferencias observadas entre las escuelas, existe la posibilidad de que haya habido una heterogeneidad no observada. En segundo lugar, los profesores del grupo de control tenían la posibilidad de usar en sus clases productos tecnológicos que no fueran los experimentales, y así lo hicieron. Cerca de 75% de los docentes del grupo de control reconoció haber usado al menos un producto tecnológico en su clase, y 55% de los maestros del grupo de tratamiento empleó al menos un producto tecnológico además del producto experimental. En tercer lugar, es altamente probable que se observen “derrames” (*spillovers*) positivos y negativos entre cursos de la misma escuela. Por ejemplo, los alumnos pueden aprender de amigos de otros cursos, y los padres cuyos hijos no forman parte de los cursos experimentales pueden tratar de compensarlos por la vía de facilitarles un *software* en el hogar. Como consecuencia de estos problemas con el diseño de la investigación, no queda claro el grado de credibilidad de los tamaños de los efectos. Esto también pone de relieve una diferencia potencial entre estudios realizados hace muchos años, antes de que la mayoría de los alumnos empleara computadores en la escuela, y estudios recientes donde los grupos de comparación generalmente estarán usando computadores en la escuela.

En ocasiones el mismo *software* es evaluado más de una vez, y cuando esto ocurre los tamaños de los efectos no siempre son los mismos. Podemos citar como ejemplo dos estudios recientes del Programa de Lectura Temprana de Waterford: en ambos se emplearon grandes muestras pareadas (*matched samples*); ambos se realizaron en barrios de extrema pobreza; y en ambos el *software* se empleó durante quince minutos diarios. En uno de los estudios (Paterson y otros, 2003) el tamaño del efecto fue de 0,00 y en el otro (Tracey y Young, 2006), de 0,47. Esto podría indicar que los grupos pareados (*matched groups*) o las implementaciones eran diferentes entre sí.

Cheung y Slavin (2011a) dividieron los estudios en dos categorías de EAC. Los programas de EAC “complementarios” imparten enseñanza según evaluaciones del nivel en que es necesario complementar la educación presencial tradicional. Los modelos de EAC “integrales” utilizan este tipo de instrucción, junto con actividades no computacionales, como enfoque básico para enseñar a leer a los alumnos. En las evaluaciones de los modelos integrales el tamaño de efecto estimado fue de 0,28, en tanto que en los programas complementarios promedió

0,11. No obstante, en las evaluaciones de los programas complementarios predominan los estudios del Departamento de Educación descritos anteriormente, por lo que no está claro qué ponderación habría que asignar a estas diferencias.

En cuanto a EAC para kindergarten y clases de matemáticas en la enseñanza primaria, la Tabla N° 2 indica que Cheung y Slavin (2011b) incluyeron 39 estimaciones en su meta-análisis. Seis de los tamaños de los efectos fueron negativos, pero once fueron superiores a 0,30. Por lo general, los tamaños de efecto negativos no podían distinguirse estadísticamente de cero (el efecto negativo promedio fue de $-0,078$). La mayoría de los tamaños de efecto eran inferiores a 0,20. Sólo cuatro de los treinta y nueve estudios usaron métodos de RTC, todos los cuales produjeron resultados positivos con dos estimaciones: los tamaños de efecto mayores que 0,30, y dos menores que 0,20.

La cantidad de evaluaciones de EAC realizadas con estudiantes secundarios es mucho menor. Cheung y Slavin (2011a) incluyen diecisiete estimaciones del efecto de EAC en la competencia lectora de alumnos de secundaria. Sólo una de estas evaluaciones determinó un tamaño de efecto negativo, mientras que siete obtuvieron magnitudes superiores a 0,30. Ninguno de estos estudios utiliza métodos de RCT. Cheung y Slavin (2011b) incluyen 24 estimaciones del efecto de la EAC en los puntajes obtenidos por estudiantes de secundaria en matemáticas. La mayoría de las estimaciones del tamaño de efecto son inferiores a 0,20, y de las nueve estimaciones de ECA, seis provienen del estudio del Departamento de Educación norteamericano citado anteriormente.

En la Tabla N° 3 se incluyen cinco estudios recientes en los que se usan modelos econométricos o RCT para comparar a alumnos de países en desarrollo que emplean la EAC con aquellos que no la usan. Tres de estos estudios fueron realizados en India, uno en Brasil y uno en Ecuador. Tres de los estudios (Banerjee y otros, 2007; Carrillo y otros, 2010; y Sprietsma, 2007) determinaron que la EAC había elevado las notas. Uno de ellos (He, Linden y MacLeod, 2008) obtuvo resultados mixtos, pues constató que los alumnos de clases numerosas, que para aprender usaban un equipo sencillo similar a un computador, obtenían mejores puntajes en las pruebas que alumnos que seguían el mismo currículo impartido con medios tradicionales. Aun así, no se observaron diferencias en el caso de niños mayores. Linden (2008) encontró que cuando la EAC era reemplazada por la instrucción presencial tradicional bajaban los puntajes de los alumnos en matemáticas, pero cuando

TABLA N° 3: EVALUACIONES EXPERIMENTALES DEL EFECTO DE LA ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADOR EN LOS PUNTAJES OBTENIDOS EN LAS PRUEBAS

Autor (Año)	Ubicación y programa	Observaciones sobre el modelo y la muestra	Resultados
Banerjee y otros (2007)	India: diversos juegos computacionales; 2 horas semanales de uso compartido del computador; estudiantes de 4° año de enseñanza primaria.	Experimento aleatorio, 111 escuelas.	Los juegos computacionales permitieron aumentar los puntajes en las pruebas de matemáticas en India en una DE de 0,33 durante el primer año y una DE de 0,47 en el segundo (con cierta atenuación del efecto un año después de finalizado el programa).
Sprietsma (2007)	Brasil: Respuestas de los profesores a una encuesta sobre el uso que hacen de los computadores en clases.	La encuesta SAEB aplicada a profesores, directores y alumnos; 1999, 2001 y 2003; modelo de seudopanel, se controlan factores asociados al entorno familiar (computador en el hogar) y los recursos de que disponen las escuelas.	Efecto positivo del uso del computador por parte del profesor como herramienta pedagógica en los puntajes obtenidos en las pruebas: DE 0,184 (portugués) y DE 0,089 (matemáticas).
Carrillo, Onofia y Ponce (2010)	Guayaquil, Ecuador: Programa "Más Tecnología", destinado a proporcionar a las escuelas infraestructura y por lo menos 4 computadores con <i>software</i> para el aprendizaje de idiomas y matemáticas.	4 escuelas bajo tratamiento y 4 escuelas de control.	Efecto positivo del programa en puntajes obtenidos en pruebas de matemáticas (DE 0,30 a 0,38, dependiendo del modelo); efecto estadísticamente no significativo en los puntajes obtenidos en idiomas.

Linden (2008)	Gujarat, India; Una versión asistida por computador del sistema educativo Gyan Shala (un método pedagógico de alta calidad).	Asignación aleatoria al programa de EAC o al programa regular de Gyan Shala. El programa implementado como sustituto de la clase presencial (sin cambio en la cantidad de horas lectivas) y del aprendizaje después de la jornada escolar (aumento en el total de horas lectivas); 60 escuelas en 4 localidades, la mitad de ellas actuando como establecimientos de control en 2° y 3° año de enseñanza primaria.	Al ser usado como sustituto, los alumnos aprendieron un 0,57 de DE menos; utilizado como complemento, las notas de los alumnos subieron en 0,28 de DE. Los mayores progresos se observaron en alumnos de menor rendimiento (0,40 de DE) y otros alumnos (0,69 de DE).
He, Linden y MacLeod (2008)	Maharashtra, India; currículum de inglés impartido a través de tarjetas didácticas especialmente adaptadas o a través de un <i>software</i> y unos cuadernillos especialmente diseñados que se emplean junto con un dispositivo electrónico de diseño exclusivo conocido como PicTalk.	Asignación aleatoria a grupos de control, sometidos a enseñanza con computador y tradicional, o tradicional y con computador; cerca de 240 escuelas.	Tanto al impartirse el currículum con ayuda de un computador como con el sistema tradicional los puntajes en inglés subieron en cerca de 0,30 de DE; los mayores efectos del uso del PicTalk se observaron en los alumnos de 1° y 2° año de primaria, pero ellos no se tradujeron en puntajes más altos; el efecto de las clases con el PicTalk fue mayor que el de las clases tradicionales en los cursos más numerosos; es probable que las clases con el PicTalk hayan tenido un mayor efecto en los alumnos menos aventajados.

se la empleaba después de la jornada escolar (y por tanto los alumnos recibían una formación matemática más intensiva) los puntajes en esta asignatura subían.

Volviendo a la Tabla N° 1, el estudio de Machin y otros (2005) fue el que determinó el efecto positivo de un programa que dotó de más computadores a las escuelas. Dicho programa se puso en práctica en Gran Bretaña, donde, a diferencia de la mayoría de los demás países, los computadores que fueron adquiridos se usaron principalmente para impartir EAC a los estudiantes. Por ejemplo, en la enseñanza primaria, durante el año escolar 1999-2000, casi el 70% de los profesores declaró que los computadores eran “usados de manera substancial” para la enseñanza del inglés, y el 56% dio cuenta de su “uso substancial” para la enseñanza de matemáticas. Ya en 2003, el 92% de los profesores de enseñanza primaria declaraba usar los computadores regularmente en la enseñanza de las matemáticas.

Si bien en ocasiones los estudios constatan leves efectos negativos del uso de la EAC, la enorme mayoría de ellos obtienen efectos positivos. Podemos concluir en términos generales y de manera tentativa que, por lo menos en Estados Unidos, con el uso de EAC en las aulas, los puntajes en las pruebas de matemáticas y lectura probablemente subirán, aunque dada la heterogeneidad de los tamaños de efecto entre los estudios, resulta imposible tener un alto grado de confianza en cuanto al nivel de mejoría que cabe esperar. Un cálculo de recientes meta-análisis y estudios internacionales sugiere que una predicción conservadora sería un tamaño de efecto cercano a 0,20 para lectura, y tal vez ligeramente superior para matemáticas. La mayoría de la evidencia sobre el efecto de EAC proviene de Estados Unidos o de otros países desarrollados. Como se señaló anteriormente, es probable que la EAC permite alcanzar un mejor rendimiento cuando los maestros tienen menos experiencia, los cursos son más numerosos, el alumnado es heterogéneo y se dan otras circunstancias que disminuyen la calidad de la enseñanza tradicional en la sala de clases. Es más probable que esas condiciones se observen en países menos desarrollados.

A los diseñadores de políticas no les basta con saber si la disponibilidad o el uso de computadores permiten mejorar el rendimiento académico. Ellos deben evaluar los beneficios de la EAC cotejándolos con las ventajas de otras reformas educativas cuyo costo es aproximadamente similar. Si bien un análisis de costo-beneficio de la EAC trascien-

de el ámbito de este trabajo, los tamaños de los efectos en la Tabla N° 3 y los proporcionados por estudios incluidos en recientes meta-análisis sugieren que la EAC podría ser una herramienta tan eficaz para mejorar las aptitudes de matemáticas y de lectura como muchas otras reformas actualmente incluidas en las agendas de política de la mayoría de los países. Para comprender más claramente los tamaños de efecto, cabe señalar que el tamaño del efecto estimado al reducir en diez el número de integrantes de la clase es de 0,10 en los estudios que obtienen un efecto positivo (por ejemplo, Urquiola, 2000; Fredriksson y otros, 2011; Krueger, 1999). El tamaño del efecto al incrementar en diez la cantidad de días lectivos fluctúa entre 0,15 (Lavy, 2010) y 0,20 (Marcotte y Hansen, 2010)¹⁵. Reducir la cantidad de alumnos en la clase es mucho más costoso que impartir EAC, y puede resultar más oneroso que aumentar el número de días lectivos en el año escolar. Las evidencias disponibles sugieren que la mayor parte de los programas de incentivos para profesores y alumnos, de las medidas para reorganizar las escuelas y de las modalidades de capacitación para profesores previa a la docencia y durante la docencia, producen cambios en los puntajes de las pruebas que son menos perceptibles que los tamaños de los efectos promedio atribuibles al uso de la EAC. Puede que algunas de estas alternativas resulten ser más baratas que la implantación de EAC en las escuelas, pero otras probablemente sean mucho más caras.

Escuelas virtuales. El Departamento de Educación de Estados Unidos publicó no hace mucho el resumen más exhaustivo de que se dispone respecto a investigaciones sobre las escuelas virtuales en ese país. Este documento nos entrega una idea clara del estado de las investigaciones sobre uso de la tecnología en las escuelas. Su búsqueda de trabajos de investigación sobre eficacia de la instrucción virtual arrojó como resultado 1.132 resúmenes de estudios pertinentes. Éstos a su vez fueron sometidos a un análisis selectivo para encontrar aquellos que: a) contrastaran un ambiente de aprendizaje virtual con uno presencial; b) midieran el rendimiento académico de los alumnos; c) utilizaran un diseño de investigación riguroso; y d) proporcionaran información

¹⁵ Nótese que algunos estudios estiman un efecto negativo o inexistente de la reducción de los integrantes de la clase (por ejemplo, Leuven y otros, 2008; Duflo y otros, 2009; Hanushek, 1999; Jepsen y Rivken, 2002; y Hoxby, 2000) o del aumento de las horas lectivas (por ejemplo, Baker y otros, 2004).

suficiente para calcular un tamaño de efecto. De esos 1.132 estudios iniciales, sólo 50 cumplían con los criterios anteriores, y sólo 5 entregaban estimaciones para alumnos de enseñanza primaria o secundaria. En términos generales, los meta-análisis sugirieron que el rendimiento de los alumnos que estudiaban en ambientes de aprendizaje virtual era levemente superior al de los alumnos de cursos presenciales. Si bien todos los tamaños de efecto para los alumnos de enseñanza primaria y secundaria fueron positivos, su número era muy reducido para permitir obtener un tamaño de efecto estadísticamente significativo.

Podemos afirmar con seguridad que simplemente desconocemos el efecto de las escuelas virtuales o de los cursos virtuales en el desempeño académico de los alumnos de enseñanza primaria o secundaria. Esta constatación resulta sorprendente y preocupante si tenemos en cuenta el rápido aumento de la cantidad de escuelas y cursos virtuales en que se inscriben los alumnos, por lo menos en Estados Unidos.

4. Conclusiones

La presencia y el uso de computadores se está transformando en una realidad cada vez más habitual en las escuelas de todo el mundo. Hoy es normal que los alumnos tengan un computador en casa, incluso en los países en desarrollo, y resulta más fácil manejar los *softwares* de uso común. Lo anterior ha permitido que las escuelas dediquen mucho menos tiempo a la enseñanza de nociones básicas de computación. Sin embargo, al interior de los países, en especial de los menos ricos, la brecha digital se mantiene, y aún es preciso que las escuelas y otras instituciones públicas aumenten la disponibilidad de computadores para alumnos desfavorecidos.

Si bien el acceso a los computadores es una condición necesaria para usarlos, no garantiza que los alumnos vayan a utilizarlos; asimismo, poner a los alumnos frente a los computadores no asegura que éstos vayan a darles un uso que les permita mejorar su rendimiento cognitivo. La mayoría de los estudiantes declara que jamás ha utilizado el computador para el estudio de asignaturas básicas. Cuando los alumnos emplean efectivamente los computadores en la escuela es por lo general para navegar por internet, trabajar en proyectos grupales, o aprovechar internet para hacer las tareas. Las investigaciones demuestran que los

programas en los que se incrementa el número de computadores en las escuelas influyen levemente en los puntajes obtenidos por los alumnos en las pruebas, lo cual implica que estos usos de los computadores no se traducen en un mejor rendimiento. Aun así, un creciente repertorio de investigaciones efectivamente sugiere que cuando los computadores se usan para impartir enseñanza, los puntajes en las pruebas de lectura y matemáticas suben. No obstante, la EAC es una modalidad poco común en la mayoría de los países, e incluso en Estados Unidos rara vez se la emplea de manera rutinaria.

Aun cuando el uso de EAC ha sido estudiado más que otras aplicaciones potenciales de los computadores en las escuelas, incluso esas investigaciones dejan mucho que desear. En la mayoría de éstas no se ha usado el RCT, pese a que se trata sin duda de la herramienta más eficaz para evaluar el uso de computadores, así como para evaluar otras políticas y programas educativos. De hecho, las consecuencias de no usar el RCT para evaluar importantes políticas y programas pueden ser desastrosas. Al respecto puede citarse un ejemplo que proviene del área médica. Sobre la base de alentadoras evidencias basadas en la observación, la terapia de reemplazo hormonal (TRH) les fue prescrita durante muchos años a las mujeres postmenopáusicas que habían sobrevivido al cáncer mamario. Finalmente, la TRH fue sometida a un ensayo aleatorio, el cual debió ser suspendido en una etapa temprana porque además de descubrirse que sus efectos no eran beneficiosos, se determinó que en realidad triplicaba el riesgo de recidiva del cáncer (Hsia y otros, 2006; Angrist y Pischke, 2009). Los experimentos de ensayo controlado aleatorio (RCT) no tienen por qué resultar especialmente onerosos, y el costo de un RCT adecuadamente diseñado se compensa con creces por el ahorro en costos que supone el hecho de evitar que se implementen programas que no funcionan. El RCT puede usarse no sólo para determinar si los programas funcionan, sino además para determinar cuál es la manera más eficaz de implementar programas que ya estén siendo aplicados.

Una limitación de las actuales investigaciones sobre políticas de educación en todos los países es que no se presta atención a los análisis de costo-beneficio, por lo que a los diseñadores de políticas les resulta difícil concentrar los recursos en programas que maximicen el beneficio social que puede reportar un determinado nivel de financiamiento. Como ya se señaló, diversas intervenciones educativas podrían producir tamaños de efecto del orden de 0,20, pero el costo de esas iniciativas varía

enormemente. La EAC puede ser relativamente barata en comparación con otras intervenciones, y el costo de la enseñanza computacional disminuye con el tiempo a medida que la tecnología se abarata mientras que el costo de muchas de esas otras intervenciones puede subir.

Es importante no sólo comprender los efectos promedio de las intervenciones educativas, sino además establecer si existen efectos diferenciales para alumnos más aventajados y de menor rendimiento, donde la ventaja puede definirse en función de los antecedentes familiares y las habilidades cognitivas. Un programa que permite mejorar el rendimiento promedio, sobre todo al mejorar el desempeño de los alumnos aventajados, aumentará la desigualdad en el rendimiento. Un programa que permite mejorar los puntajes en las pruebas obtenidos por los alumnos de menor rendimiento sin menoscabar los resultados alcanzados por los alumnos aventajados, aumentará el promedio de los puntajes y disminuirá la desigualdad en los puntajes. La enorme mayoría de las investigaciones sobre EAC se ha realizado en poblaciones desfavorecidas, por lo que disponemos de escasas evidencias que sirvan de orientación en esta materia a los educadores o a los diseñadores de políticas.

Chile, al igual que la mayoría de otros países, ya ha realizado una enorme inversión para poner computadores e internet al alcance de los escolares. Es hora de que los educadores y los diseñadores de políticas de todos los países presten atención a cómo lograr que esta inversión reditúe. Convertir las horas que los alumnos pasan actualmente frente al computador en un tiempo más productivo utilizando EAC sería un buen punto de partida. Sin embargo, los educadores y diseñadores de políticas deberían exigir que el *software* sea evaluado utilizando los mejores métodos de RCT. La información sobre el costo y la eficacia de determinados paquetes de *software* educativo debería ser ampliamente accesible, de modo que los profesores y directores puedan escoger los programas más eficaces en función del costo para así garantizar un mejoramiento en el desempeño de los alumnos. Puesto que es mucho lo que está en juego cuando se escogen las prácticas educacionales, los diseñadores de políticas deberían considerar la posibilidad de poner obstáculos al uso por parte de las escuelas de *softwares* no evaluados. Ello serviría de incentivo para que los desarrolladores de *software* financiaran evaluaciones independientes de sus productos, y fijaran el precio de los mismos en función de una adecuada relación costo-eficacia, lo cual redundaría en beneficio de los escolares.

REFERENCIAS

- Angrist, J. y V. Lavy (2002), "New evidence on classroom computers and pupil learning". *The Economic Journal*, 112 (482): 735-765.
- Baker, D. P., R. Fabrega, C. Galindo, & J. Mishook (2004). "Instructional time and national achievement: Cross national-evidence". *Prospects: Quarterly Review of Comparative Education*, 34: 311-334.
- Balanskat, A., R. Blamire y S. Kefala (2006). "The ICT Impact Report: A review of studies of ICT impact on schools in Europe". Comisión Europea.
- Banerjee, A., S. Cole, E. Duflo y L. Linden (2007). "Remedying Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India". *Quarterly Journal of Economics* 122 (3): 1235-1264.
- Barrera-Osorio, F. y L. L. Linden (2009). "The use and misuse of computers in education: Evidence from a randomized experiment in Colombia". Equipo de Educación de la Red de Desarrollo Humano del Banco Mundial, Documento de Trabajo 4836.
- Barrow, Lisa, Lisa Markman y Cecilia E. Rouse (2009). "Technology's Edge: The Educational Benefits of Computerized Algebra Instruction". *American Economic Journal: Economic Policy*, 1(1): 52-74.
- Bosch, A. (2009). "Introducing learning technologies into Egyptian Schools: Where there is a demand there is a way". *Journal of Education for International Development*, 4: 2.
- Campuzano L., M. Dynarski, R. Agodini & K. Rall (2009). "Effectiveness of reading and mathematics software products: Findings from two student cohorts". Washington, DC: United States Department of Education Institute of Education Sciences.
- Carrillo, P., M. Onofa y J. Ponce (2010). "Information technology and student achievement: Evidence from a randomized experiment in Ecuador". Inter-American Development Bank, Department of Research and Chief Economist, Documento de Trabajo IDB-WP-223.
- Cheung, Alan C. K. y Robert E. Slavin (2011a). "The effectiveness of education technology for enhancing reading achievement: A meta-analysis". *Best Evidence Encyclopedia*, Johns Hopkins University (www.bestevidence.org).
- (2011b). "The effectiveness of educational technology applications for enhancing mathematics achievement in K-12 classrooms: A meta-analysis". *Best Evidence Encyclopedia*, Johns Hopkins University (www.bestevidence.org).
- Christmann, E. P. y J. L. Badgett (2003). "A meta-analytic comparison of the effects of computer-assisted instruction on elementary students academic achievement". *Information Technology in Childhood Education Annual*, 91-104.
- Commission of the European Communities (2000). *Europe 2002: "An information society for all action plan"*.
- Conlon, T., y M. Simpson (2003). "Silicon Valley versus Silicon Glen: The impact of computers upon teaching and learning: A comparative study". *British Journal of Educational Technology*, 34 (2): 137-150.

- Cox, M., C. Abbott, M. Webb, B. Blakely, T. Beauchamp y V. Rhodes (2003). "ICT and Attainment: A Review of the Research Literature". Coventry: Beta ICT in Schools Research and Evaluation Series.
- Cristia, Julian P., Pablo Ibararán, Santiago Cueto, Ana Santiago y Eugenio Severin (2012). "Technology and Child Development: Evidence from the One Laptop per Child Program". Inter-American Development Bank.
- Cuban, L. (2001). *Oversold and Underused: Computers in the Classroom*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Demetriadis, S., A. Barbas, A. Molohides, G. Palaigeorgiou *et al.* (2003). "'Cultures in negotiation': Teachers' acceptance/resistance attitudes considering the infusion of technology into schools". *Computers and Education*, 41: 19-37.
- Duflo, Esther, Pascaline Dupas y Michael Kremer (2009). "Additional Resources versus Organizational Changes in Education: Experimental Evidence from Kenya". Inédito.
- Dynarski, Mark (2007). "Effectiveness of reading and mathematics software products: Findings from the 1st student cohort". *Mathematica Report*. http://www.mathematicampr.com/publications/redirect_pubsdb.asp?strSite=PDFs/effectread.pdf.
- Dynarski, Mark, Roberto Agodini, Sheila Heaviside *et al.* (2009). *Effectiveness of Reading and Mathematics Software Products: Findings from the First Student Cohort*. Washington, D.C.: U.S. Department of Education, Institute of Education Sciences.
- Ertl, H. y J. Plante. (2004). "Connectivity and learning in Canada's schools". Research Paper No. 56F0004MIE – No. 011, Science, Innovation and Electronic Information Division. Ottawa, ON: Statistics Canada.
- Ertmer, P. (2005). "Teacher pedagogical beliefs: The final frontier in our quest for technology integration?" *Educational Technology Research and Development*, 53 (4): 25-39.
- Fletcher-Finn, C. y B. Gravatt (1995). "The efficacy of computer-assisted instruction (CAI): A meta-analysis". *Journal of Educational Computing Research*, 12 (3), 219-241.
- Fredriksson, Peter, Björn Öckert y Hessel Oosterbeek. (2011). "Long-Term Effects of Class Size". IZA DP N° 5879.
- Fuchs, V. y L. Woessmann (2004). "Computers and student learning: Bivariate and multivariate evidence on the availability of computers at home and at school". CESifo, *Working Paper*, 1321.
- Goolsbee, A. y J. Guryan (2006). "The impact of internet subsidies on public schools". *Review of Economics and Statistics*, 88 (2): 336-347.
- Gray, Lucinda, Nina Thomas, Laurie Lewis y Peter Tice (2010). "Teachers' Use of Educational Technology in U.S. Public Schools: 2009". Washington, D.C.: United States Department of Education, National Center for Educational Statistics.
- Hanushek, E. A. (1999). "Some findings from an independent investigation of the Tennessee STAR experiment and from other investigations of class size effects". *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 21 (2): 143-163.

- Harrison, C. *et al.* (2002). "ImpaCT2: The impact of information and communication technologies on pupil learning and attainment". Gran Bretaña: Becta.
- Hawkrige, D. (1990). "Who needs computers in school, and why?" *Computers and Education*, 15: 1-6.
- Hayes, D. (2007). "ICT and learning: Lessons from Australian classrooms". *Computers and Education*, 49 (2): 385-395.
- 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". Departamento de Economía de la Universidad de Columbia. Documento de trabajo.
- Hinostrza, J. E., A. Guzmán y S. Isaacs (2002). "Innovative uses of ICT in Chilean schools". *Journal of Computer Assisted Learning*, 18 (4): 459-469.
- Hinostrza, J., Enrique, Christian Labbé y Magdalena Claro (2005). "ICT in Chilean schools: Students' and teachers' access to and use of ICT". *Human Technology*, 1 (2): 246-264.
- Hoxby, C. M. (2000). "The effects of class size on student achievement: New evidence from population variation". *Quarterly Journal of Economics*, 115 (4):1239-1285.
- Jepsen, Christopher y Steven Rivkin (2002). "What is the trade-off between smaller classes and teacher quality?" NBER Working Paper N° 9205.
- (2009). "Class size education and student achievement: The potential trade-off between teacher quality and class size". *Journal of Human Resources*, 44 (1): 223-250.
- Kirkpatrick, H. y L. Cuban (1998). "Computers make kids smarter. Right?" *Technos Quarterly For Education and Technology*, 7 (2): 1-11.
- Kulik, J. (2003). "Effects of using instructional technology in elementary and secondary schools: What controlled evaluation studies say". SRI International, Arlington, VA, mayo.
- Kulik, J. A. y C. L. C. Kulik (1987). "Review of recent research literature on computer-based instruction". *Contemporary Educational Psychology*, 12: 222-230.
- Krueger, Alan B. (1999). "Experimental Estimates of Education Production Functions". *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 114 (2): 497-531.
- Laval, E. y J. E. Hinostrza (2002). "Chilean schools: The Enlaces Network". *TechKnowLogia*, July - September, Knowledge Enterprise, Inc.
- Lavy, Victor (2010). "Do differences in school's instruction time explain international achievement gaps in math, science and reading? Evidence from developed and developing countries". NBER Working Paper 16227.
- Leuven, E., M. Lindah, H. Oosterbeek y D. Webbink (2004). "The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement". Difussion Paper 1122.
- Leuven, E., H. Oosterbeek y M. Rønning (2008). "Quasi-experimental estimates of the effect of class size on achievement in Norway". *Scandinavian Journal of Economics*, 110: 663-693.

- Li, Q. y X. Ma (2010). "A meta-analysis of the effects of computer technology on school students' mathematics learning". *Educational Psychology Review*, 22: 215-243.
- Liao, Y. K. (1998). "Effects of hypermedia versus traditional instruction on students' achievement: A meta-analysis". *Journal of Research on Computing in Education* 30 (4): 341-359.
- Light, D., M. Manso y T. Noguera (2009). "An educational revolution to support change in the classroom: Colombia and the educational challenges of the twenty-first century". *Policy Futures in Education*, 7 (1): 88-101.
- Linden, L. (2008). "Complement or substitute? The effect of technology on student achievement in India". Manuscrito inédito, Universidad de Columbia.
- Machin S., S. McNally y O. Silva (2005). "New technology in schools: Is there a payoff?" IZA Discussion Paper N° 2234.
- Malamud, O. y C. Pop-Eleches (2011). "Home computer use and the development of human capital". *Quarterly Journal of Economics*, 126 (2): 987-1027.
- Marcotte, Dave E. y Benjamin Hansen (2010). "Time for School". Education Next. www.educationnext.org.
- Muir-Herzig, R. G. (2004). "Technology and its impact in the classroom". *Computers and Education*, 42: 111-131.
- Murphy, R. et al. (2001). *E-DESK: A Review of Recent Evidence on the Effectiveness of Discrete Educational Software*. Menlo Park, CA: SRI International.
- National Center for Educational Statistics (NCES) (2001a) "The Nation's Report Card: Mathematics 2000". Washington DC.
- (2001b) "The Nation's Report Card: Science 2000". Washington DC.
- (2008). *Educational Technology in U. S. public schools: Fall 2008 First Look*. Washington, DC: U.S. Department of Education.
- OECD (2011). *PISA 2009 Results: Students on Line: Digital Technologies and Performance* (Volume VI). <http://dx.doi.org/10.1787/9789264112995>.
- Paterson, W., J. Henry, K. O'Quin, M. Cetrano y E. Blue (2003). "Investigating the effectiveness of an integrated learning system on early emergent readers". *Reading Research Quarterly*, 38 (2): 172-206.
- Rakes, C. R., J. C. Valentine, M. B. McGatha & R. N. Ronau (2010). "Methods of instructional improvement in Algebra: A systematic review and meta-analysis". *Review of Educational Research*, 80 (3): 372-400.
- Ramboll Management (2005). *Evaluation of ITMF: Overall Results*. Denmark: UNI-C.
- Roschelle, Jeremy, Roy Pea, Christopher Hoadley, Douglas Gordin y Barbara Means (2001). "Changing how and what children learn in school with computer-based technologies". *Future of Children*, 10 (2): 76-101.
- Slavin, R. E., y C. Lake (2008). "Effective programs in elementary mathematics: A best evidence synthesis". *Review of Educational Research*, 78 (3): 427-455.

- Slavin, R. E., C. Lake, y C. Groff (2009). "Effective programs in middle and high school mathematics: A best evidence synthesis". *Review of Educational Research*, 79 (2): 839-911.
- Sprietsma, M. (2007). "Computers as pedagogical tools in Brazil: A pseudo-panel analysis". Center for European Economic Research, Discussion Paper N° 07-040.
- Tolani-Brown, N., M. McCormac y R. Zimmermann (2001). "An analysis of the research and impact of ICT in education in developing country contexts." *Journal of Education for International Development*, 4 (2):1-12.
- Tracey, D. y J. Young (2006). "Technology and early literacy: The impact of an integrated learning system on high-risk kindergartners' achievement". Pearson Digital Learning, Inc.
- Twining, P. (2002), "ICT in schools: Estimating the level of investment". MeD8 Report No. 02.01. Online at www.meD8.info.
- Underwood, J. *et al.* (2006). *ICT Test Bed Evaluation: Evaluation of the ICT Test Bed Project*. UK: Nottingham Trent University, March 2006. Accessed at: <http://www.evaluation.icctestbed.org.uk/about>.
- Urquiola, Miguel (2006). "Identifying Class Size Effects in Developing Countries: Evidence from Rural Schools in Bolivia". *Review of Economics and Statistics*, 88 (1).
- Waxman, Hersh C., Meng-Fen Lin y Georgette M. Michko (2003). "A Meta-Analysis of the Effectiveness of Teaching and Learning with Technology on Student Outcomes". Learning Point Associates, Naperville, IL. □