

## EVALUACIÓN DE IMPACTO Y DE LA SOSTENIBILIDAD DE COMPUTADORES PARA EDUCAR EN LA CALIDAD DE LA EDUCACIÓN EN LAS SEDES EDUCATIVAS BENEFICIADAS

### EQUIPO DE TRABAJO<sup>1</sup>

**Director del proyecto:** René Lemoine

**Codirectores:** María Cecilia Alfonso, Juan Camilo Bohórquez

**Líderes del equipo de educación:**

Darío Maldonado, Fabio Sánchez (Profesores Universidad de los Andes)

**Especialista en evaluación de impacto:**

Darwin Cortés (Profesor Universidad de Rosario)

**Profesional en temas relacionados con desarrollo ambiental sostenible:**

Margarita Pava, Cristian Ruiz

**Líder administrativo encargado de los aspectos logísticos, estadísticos y recursos humanos:**

Jovinton Yaya

**Asistentes del equipo de educación:**

Érika Londoño, Lina Lozano, Ana María Saavedra, Tatiana Velasco

**Equipo de trabajo de campo cualitativo:**

Eduardo Gutiérrez (Profesor Universidad Javeriana), María Del Pilar Quintero, Claudia Osorno, María Clara Martínez

**Equipo de trabajo de campo:**

Gladys Muñoz, Yamilet Possu, Ana María Vélez, Martha Gallo, Carmen Stella Uribe, Viviana Cora, Lina Coronado, Luz Dary Cadavid,

**Equipo de trabajo componente ambiental:**

Germán García, Felipe Saavedra y Juliana Velandia

### RESUMEN

Este documento resume los resultados de la consultoría que desarrolló el Centro Nacional de Consultoría, con el objetivo de evaluar el programa Computadores Para Educar. El programa de Computadores para Educar (CPE) promueve de forma intensiva el uso herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos educativos del ciclo de básica y media.

Frente al reto del programa se contrató el presente trabajo de investigación que buscaba mediante la obtención de información cuantitativa, administrativa y cualitativa evaluar el impacto y la sostenibilidad del programa.

---

<sup>1</sup> El Centro Nacional de Consultoría es una firma de investigación y consultoría, centrada en la creación de valor a través de la escucha generosa de sus necesidades, el estudio cuidadoso de sus problemas y el desarrollo de soluciones comercialmente viables que les garanticen el progreso. El Centro se compromete con un nuevo liderazgo de servicio construido sobre cuatro dimensiones: el sentido de realidad, la ética, la visión y el coraje para hacer siempre la tarea.

En este informe se presentan los resultados de esta evaluación para todas las sedes estudiadas. En términos generales el programa de CPE impactó de forma positiva la tasa de deserción, la tasa de repitencia, el acceso a la educación superior y los resultados de la pruebas Saber 11. Es evidente de los resultados de la investigación que el éxito y la sostenibilidad del programa recae fuertemente en la formación que CPE da a los docentes a través de su programa. Queda para futuras investigaciones la pregunta por los diversos métodos pedagógicos y cuales son más efectivos para lograr experiencias significativas en el aula de clase.

**PALABRAS CLAVES:** Evaluación, uso, apropiación, impacto, sostenibilidad, calidad, tendencias, computadores, y educación.

## I. INTRODUCCIÓN

Computadores para Educar es una asociación de entidades públicas, que genera oportunidades de desarrollo para los niños y jóvenes colombianos, mejorando la calidad de la educación, mediante la dotación de herramientas tecnológicas, la formación y acompañamiento a las comunidades educativas y la gestión ambiental de los equipos de cómputo en desuso. El programa de Computadores para Educar (CPE) promueve de forma intensiva el uso de herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en los procesos educativos del ciclo de básica y media. Como resultado de la gestión adelantada entre 2000 y 2014 se han beneficiado cerca de 7.990.405 millones de niños y jóvenes de más de 41 mil sedes beneficiadas, bibliotecas y casas de la cultura, con la entrega de más de 781.032 terminales entregados y se han formado más de 75.000 docentes en el aprovechamiento pedagógico de las TIC.

Con el objetivo de conocer información que permita mejorar su operación, Computadores Para Educar abrió el Concurso de méritos con precalificación No. 001 de 2014 para Evaluar el impacto de Computadores para Educar en la calidad de la educación en las sedes beneficiadas y la sostenibilidad del Programa. El Centro Nacional de Consultoría fue la firma escogida para la realización de la evaluación.

El resultado de este ejercicio se resume en el presente artículo compilado por Centro Nacional de Consultoría (CNC) para Computadores Para Educar (CPE). La consultoría tenía como objetivo evaluar el programa Computadores Para Educar principalmente en su relación con el objetivo de lograr mejores resultados educativos en la educación básica y media en Colombia. La consultoría también evaluó el componente ambiental del programa que busca reducir el impacto ambiental indeseado del programa.

El proyecto de investigación hizo un uso intensivo de información cuantitativa; la evaluación de impacto se apoyó principalmente en el uso de información administrativa sobre el programa y sobre el sistema educativo colombiano. A esta información se añadió información recopilada en un trabajo de campo diseñado para recoger información complementaria que no aparece en las bases de datos administrativas. El trabajo estaba complementado por un trabajo de campo cualitativo que permitió ahondar en los aspectos desarrollados en el trabajo cuantitativo.

## II. METODOLOGIA

En el desarrollo del presente trabajo se implementó una metodología mixta. Se emplearon tanto métodos cualitativos como cuantitativos para el levantamiento de la información para el estudio. Se realizaron entrevistas a docentes, estudiantes, padres de familia, directivos, usuarios de casas de la cultura y de bibliotecas. El fin del estudio era evaluar el impacto que el programa había tenido y evaluar la sostenibilidad del programa. De forma complementaria se aplicó una investigación cualitativa para identificar las experiencias significativas en el aula en diferentes contextos nacionales. Esta evaluación se centraba en la relación entre el estudiante y el docente y entre el

docente y el directivo, y el estudiante y el padre de familia. Estos métodos cualitativos apoyan la interpretación de los resultados obtenidos mediante los métodos cuantitativos.



Frente a los métodos cuantitativos empleados para el desarrollo de la evaluación de impacto del programa de CPE, se emplean dos tipos de análisis: análisis descriptivo y análisis de impacto.

#### ○ **Análisis descriptivo:**

El análisis descriptivo muestra las estadísticas descriptivas principales de todas las variables relevantes, a saber, media, desviación estándar, mínimo y máximo, presenta estadísticas según el número de años que lleven las sedes en CPE. Se manejaron tres categorías: sedes que llevan de 1 a 3 años en el programa, sedes que llevan de 4 a 6 años en el programa y sedes que llevan de 7 a 13 años en el programa.

También se realizaron ejercicios de determinantes en los que se corrieron regresiones en la que variable explicada es función de todas las variables relevantes para el problema. Formalmente, el análisis de determinantes tuvo la siguiente forma general:

$$Y_{ij} = \alpha_0 + \sum \alpha_1 X_{ij} + \sum \alpha_2 Z_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  es una variable explicada del estudiante o el docente  $i$  en la sede  $j$ ,  $X_{ij}$  es un conjunto de características individuales del estudiante o el docente  $i$ ,  $Z_j$  es un conjunto de características de la sede  $j$ . Dependiendo del objetivo, la variable explicada puede ser de los profesores, de las sedes, etc.

Los detalles de este análisis se pueden encontrar en el informe final del estudio contratado por CPE.

#### ○ **Análisis de impacto:**

El análisis de impacto permite identificar los efectos causales de CPE sobre las variables de interés. Para identificar los impactos del programa de computador para educar (CPE) se empleó un método utilizando una aproximación cuasi experimental. Siguiendo las indicaciones del CPE esta aproximación está basada en la evaluación que fue hecha en 2010. En primera instancia se calculó la siguiente ecuación:

$$Y_{ijt} = \alpha_1 + \sum_{k=0}^8 \theta_k T_k^j + \sum \beta X_{imt} + \mu_j + \sigma_t + \rho_d * \sigma_t + e_{imt}$$

Donde  $Y_{ijt}$  representa la variable de resultado de deserción, logro escolar o ingreso a la educación superior del estudiante  $i$  que asiste a la sede  $j$  en el momento  $t$ .

La variable  $T_k^j$  es una variable dummy que toma valor 1 si la sede  $j$  lleva  $k$  años en el programa CPE. De esta forma el coeficiente de interés es  $\theta_k$  que estima el efecto de haber estudiado en una sede en el que se ha implementado el CPE durante  $k$  años. El grupo de variables  $X_{imt}$  muestra las variables individuales y familiares del estudiante  $i$  en el momento  $t$ . Las variables  $\mu_j$  controlan por efectos fijos a nivel de sede y captura todas las diferencias entre las sedes que no cambian a través del tiempo. La variable  $\sigma_t$  controla por los choques ocurridos en un momento determinado y que son comunes a todas las sedes. La variable  $\rho_d * \sigma_t$  permite controlar por características no observadas de todos los estudiantes de un departamento en un periodo de tiempo determinado.

Esta aproximación tiene el problema de que no controla bien por problemas de autoselección. Es posible, por ejemplo, que CPE haya llegado primero a aquellas sedes cuyos directivos y docentes estén más preocupados por la educación de los alumnos. Para solucionar este problema de selección basada en variables no observables se usó el método cuasi-experimental de variables instrumentales (IV). Para esto se hizo una estimación en dos etapas:

En la primera etapa se estimó la ecuación:

$$T_k^j = \alpha_0 + \pi^k * z_{jt}^k + \sum b * X_{imt} + u_j + s_t + r_d * s_t + \varepsilon_{imt}$$

Donde la variable dependiente es la variable dummy que toma valor 1 para las sedes  $j$  que llevan  $k$  años con el programa CPE. Las variables  $u_j$  y  $s_t$  controlan por efectos fijos de sedes y de tiempo, y la variable  $r_d * s_t$  controla por los efectos comunes de todos los estudiantes de un mismo departamento en un momento determinado.

Se hace también uso, teniendo también presente el estudio de Rodríguez et al. (2011) sobre la evaluación de impacto del programa Computadores Para Educar al año 2008, de dos instrumentos  $z_{jt}^k$ . La proporción de sedes del municipio que lleva más de  $k$  años con el programa CPE, y la proporción de estudiantes del municipio que llevan más de  $k$  años con el programa CPE. La intuición es que entre mayor sea la proporción de estudiantes o de sedes del municipio que hayan participado antes que la sede  $j$  en el CPE, aumenta la probabilidad de que los estudiantes de la sede  $j$  participen en el CPE.

Además de esta regresión en la que el tratamiento aparece como una dummy, se van a hacer regresiones en las que se va a utilizar una medida de intensidad del tratamiento en vez de este conjunto de dummies. La medida de intensidad estaba asociada al número de terminales disponible y a la intensidad de uso en las TICs. Se hicieron varias pruebas y correcciones adicionales para chequear la robustez de los resultados. Los resultados finales pueden encontrarse en el informe final resultado de la consultoría.

### Fuentes de información para el análisis descriptivo

Grupo objetivo: Directivos (rectores/coordinadores), docentes, estudiantes, padres de familia, coordinadores y usuarios de bibliotecas/casas de la cultura.

Universo: 43 mil sedes educativas beneficiadas con Computadores para Educar en toda Colombia.

Muestra efectiva: 1605 sedes educativas y 140 bibliotecas y casas de la cultura en 70 municipios de Colombia. A esta muestra se le aplicaron instrumentos (CNC; 2015) de percepción y recolección de datos para determinar la apropiación pedagógica en esta muestra representativa.

### Fuentes de información para el análisis de impacto

La principal fuente de información es la base de datos entregada por la administración del programa CPE. La base de datos contiene la información del número de equipos entregados a cada sede educativa, la fecha de la entrega y la ubicación de la sede. Además contiene información de los docentes que han recibido información en el programa CPE y a cual institución pertenecen.

La segunda fuente de información es la resolución r166 del Ministerio de Educación Nacional. Esa base de datos contiene información a nivel de estudiante y de sede.

La tercera fuente de información es la prueba de estado Saber 11 realizada por el ICFES. Esta base de datos contiene información a nivel de estudiante de sus resultados en las pruebas SABER 11, así como de algunas variables de caracterización socioeconómica de la familia.

La cuarta fuente de información son las bases de datos que maneja en el departamento de protección social, DPS. Esto no solamente incluye las bases del SISBEN, sino también otras bases, como las de jóvenes en acción.

La quinta fuente de información es la base del SPADIES que contiene la información de la entrada a instituciones de educación superior de todos los estudiantes del país.

### III. PRINCIPALES RESULTADOS ANALISIS DESCRIPTIVO

Como un primer resultado se encontró que no hay una relación significativa de la edad del docente con el hecho de que este enseñe con herramientas TIC en las aulas de informática. Sin embargo, a medida que aumenta la edad del docente, se disminuye la probabilidad de que este enseñe con herramientas digitales en aulas informáticas, fuera del salón de clase y con más intensidad dentro del salón de clase. Esto puede estar asociado al hecho empírico de que a medida que los docentes presenten más edad van a usar menos las TIC, originado probablemente porque no están familiarizados con su uso y prefieren continuar con los métodos convencionales de enseñanza.

Además, se puede observar que la edad afecta significativamente su conocimiento informático. Esto sugiere unas posibles líneas de acción: se puede indagar sobre la posibilidad de que el CPE intensifique las capacitaciones en docentes con más 53 años, en especial cuando estos no están habituados a enseñar en aulas de informática. Sin embargo esto solo sería el caso si se detecta que aún pueden mejorar sus capacidades de aprendizaje en el uso de TIC. De otra forma, es posible que este resultado arroje que ya se ha llegado al límite en la capacidad de uso de TIC por parte de profesores más antiguos, y que lo mejor es centrar las capacitaciones en los docentes más jóvenes. Para tener una respuesta a esto es necesario un estudio adicional que no está dentro del alcance de esta consultoría. Un análisis similar es pertinente cuando se ven los resultados con relación al escalafón de los docentes.

Por otro lado, se puede observar la influencia que el título de maestría sobre el conocimiento en informática en los docentes. Esto no constituye un elemento positivo para las instituciones educativas, ya que se debería esperar que los docentes que son más familiarizados con conocimientos informáticos sean aquellos que hacen un mayor uso de estas herramientas en clase. Es así, que sería clave que el CPE indague una posible explicación a este fenómeno, con el fin de poder obtener el mayor provecho de los docentes que tienen un mayor conocimiento de TIC.

También se encontró, que los docentes que son capacitados por CPE, a pesar de tener una mayor probabilidad de enseñar con TIC en los diferentes tipos de aulas, tienen bajas puntuaciones en su conocimiento de informática, lo que implica que en algún punto se rompe el canal creado en el proceso de capacitación brindado por CPE. Sin embargo, esto no es tan evidente cuando la capacitación es provista por otras entidades, ya que son positivos los resultados obtenidos. Analizando aún más lo referente a las capacitaciones brindadas por CPE, se observa que aquellos

docentes que tienen una capacitación en el uso seguro de TIC y en otros temas, son los que presentan resultados positivos en el ejercicio de la docencia a través herramientas digitales en el aulas de clase.

También se encontró que los docentes que se encuentran formados en TIC por parte de CPE tienen 10% más de probabilidad para dictar clases con este tipo de herramientas en las aulas digitales frente a aquellos que no están formados. Además, aquellos docentes que tienen un uso previo de TIC, dedican un 30% más de horas a la semana al uso de TIC dentro de los salones de clase. Esto sugiere que para maximizar los resultados encontrados, se podría enfocar el programa en aquellos docentes que no tienen conocimiento previo en TIC. Frente a la edad de los maestros se observa que aquellos que tienen un rango de edad entre los 18 y los 37 años destinan un 16% más de horas al uso de herramientas digitales en los salones de clase que aquellos que tienen más de 45 años.

Se observa también, que los conocimientos informáticos disminuyen con la edad de los docentes, donde los más jóvenes tienen un 7% más de conocimientos en esta área. Por otra parte, las capacitaciones enfocadas en TIC son efectivas para aumentar los conocimientos de los docentes, ya que quienes están capacitados tienen una probabilidad de un 4% mayor de tener conocimientos en TIC.

### Competencias Estudiantiles

Las competencias estudiantiles se refieren a los procesos que el estudiante debe realizar para resolver lo que plantea una pregunta, y son herramientas que disponen para proponer soluciones a algún problema. De esta manera, se deben evaluar, activar y cultivar los procesos meta cognitivos que el estudiante debe realizar para resolver una pregunta, para formarlos integralmente y desarrollar en ellos las competencias necesarias para tener un desempeño eficaz en la sociedad. A continuación se realiza un desarrollo conceptual de las competencias de estudiantes que se tuvieron en cuenta para este objetivo:

1. **Comunicación:** la competencia comunicativa se relaciona con saber «cuándo hablar, cuándo no, y de qué hablar, con quién, cuándo, dónde, en qué forma». Es decir, se trata de la capacidad de formar enunciados que no solo sean gramaticalmente correctos, sino también socialmente apropiados. De esta manera, el estudiante debe ser capaz de expresarse en lenguaje natural ante cualquier situación, y estar en la capacidad de comunicarse con otros compañeros de clase, docentes y demás personas de la comunidad.
2. **Matemáticas:** el objeto de evaluación es la competencia matemática, relacionada con el uso flexible y comprensivo del conocimiento matemático escolar en diversos contextos de la vida diaria, de las matemáticas mismas y de otras ciencias. Además, esta competencia se refiere a la capacidad de plantear y resolver problemas a partir de contextos matemáticos y no matemáticos; de traducir tanto realidad a una estructura matemática, como de verificar e interpretar resultados a la luz de un problema, de manera que se generalicen soluciones y estrategias que resuelvan nuevas situaciones.
3. **Científicas:** buscan conocer la capacidad de los estudiantes para establecer relaciones entre nociones y conceptos provenientes de contextos propios de la ciencia y de otras áreas del conocimiento, utilizando su capacidad crítica para valorar la calidad de una información o de un mensaje y para asumir una posición propia. Lo que se busca es que el estudiante haga uso comprensivo del conocimiento científico, de manera que comprenda y use conceptos, teorías y modelos de las ciencias en la solución de problemas. No se trata de que el estudiante repita de memoria los términos técnicos ni sus definiciones, sino que los comprenda y aplique en la resolución de problemas.



4. **Ciudadanas:** Esta prueba parte de la reflexión sobre los lineamientos curriculares y los estándares de ciencias, documentos que constituyen un esfuerzo por señalar rutas pedagógicas en la formación de ciudadanos capaces de interactuar en contextos cambiantes y complejos. Se trata de una prueba que valora las competencias (y en ellas son necesarias habilidades, conocimientos teóricos y metodológicos) en un área que ofrece posibilidades para la comprensión, confrontación y construcción de significados del mundo social.
5. **Laborales:** Se evalúan las competencias para construir explicaciones, plantear alternativas y tomar decisiones en un ambiente laboral. Además, cada una de las situaciones permite el análisis de las interrelaciones que se establecen entre los ámbitos natural, sociocultural, económico y político, de manera que se favorezca el desarrollo sostenible de los individuos, las poblaciones y las comunidades.
6. **Lectura:** busca observar las expresiones o manifestaciones básicas de la competencia comunicativa, lo que implica llevar a cabo distintas acciones sobre los contenidos conceptuales y estructurales de un texto: interpretar, argumentar y proponer. En esta competencia, también se busca que los estudiantes sean capaces de interpretar y comprender los diversos sentidos que están en los textos, argumentar partiendo de las ideas que el texto presenta y plantear opciones o alternativas ante situaciones o problemáticas expuestas en un texto.
7. **Escritura:** El estudiante es capaz de producir textos sencillos y coherentes sobre temas familiares o en los que tiene un interés personal. Puede describir experiencias, acontecimientos, deseos y aspiraciones, así como justificar brevemente sus opiniones o explicar sus planes.

Se observa que el promedio del índice agregado de competencias de los estudiantes es menor si los docentes son hombres, y mayor en docentes mujeres. En comparación con las ciencias sociales, las competencias en lenguaje presentan puntuaciones más bajas. Las competencias de los estudiantes parecen aumentar con las horas de capacitación en TIC de los docentes y si la sede tiene banda ancha.

Se observa que los factores críticos que más afectan las competencias de los estudiantes son capacitación en TIC de los docentes (en uso de TIC en educación y en uso seguro de TIC), y cuando esos cursos son organizados por la gobernación. Los tamaños de estos tres efectos están entre el 7% y el 10% del promedio de las competencias de los estudiantes.

Todo ello indica que los estudiantes cuyos docentes no tienen formación en uso de TIC en educación, tienen un índice de competencias de 51.83%, en promedio. Si los docentes se forman en uso de TIC en educación, el índice de competencias de los estudiantes sube a 55.94%. De manera similar, el índice de competencias de los estudiantes cuyos docentes no se han formado en uso seguro de TIC es de 52.16%. El índice de competencias de los estudiantes cuyos docentes se han formado en uso seguro de TIC sube a 56.23%. Cuando se compara el índice de competencias de estudiantes cuyos docentes no se han formado en TIC con cursos de la gobernación, con aquellos que si lo han hecho, el índice pasa de 53.43% a 58.71%.

Así mismo, la capacitación en uso de TIC en educación mejora significativamente las competencias en comunicación, y en menor grado, las competencias en matemáticas. Por su parte, la capacitación en uso seguro de TIC mejora significativamente las competencias ciudadanas y de lectura; y en menor grado, las de escritura. Finalmente, los cursos que imparte la gobernación están asociados a mejores competencias laborales y de escritura.

A su vez, se evidencian vacíos que dejan los docentes en las diferentes áreas de conocimiento de los estudiantes, que pueden ser llenados con la ayuda de herramientas digitales, a través de nuevos

métodos de enseñanza. En general se observa cuando el docente enseña lenguaje, implica efectos negativos en las habilidades matemáticas y científicas de los estudiantes. Esto no es sorprendente, en la medida que no es su área de enfoque, sin embargo tampoco se ven resultados positivos en las competencias que se esperaría que se vieran beneficiadas, tales como comunicación, lectura y escritura. Con los docentes que enseñan matemáticas tampoco se ve un efecto muy fuerte en las competencias matemáticas de los estudiantes, lo que indicaría poca efectividad el método de enseñanza empleado.

Por otra parte, se observa que los docentes en las áreas de ciencias naturales y afines transmiten de manera efectiva el conocimiento a los estudiantes ya que el efecto es positivo y significativo en las competencias científicas. Esto indica que los estudiantes no se están quedando exclusivamente con el conocimiento teórico, sino que están llevando a la práctica lo aprendido en las aulas de clase. Sin embargo, se evidencia que las otras competencias no se ven afectadas de manera significativa por este tipo de docentes, revelando ciertas dificultades en el proceso educativo. Así mismo, las competencias científicas se ven beneficiadas por el hecho de que la sede cuente con tabletas, sugiriendo que si se quieren continuar desarrollando estas competencias, el uso de las tabletas es fundamental.

Las competencias laborales de los estudiantes se ven beneficiadas en particular por tres aspectos:

- i) Que los docentes pertenezcan al estatuto 13.
- ii) Que la capacitación de TIC haya sido provista por la gobernación.
- iii) Que la sede educativa cuente con banda ancha.

Esto es significativo, porque refleja que las herramientas digitales y actividades asociadas, como capacitaciones, traen efectos positivos en el desarrollo de estas competencias de los estudiantes.

Al hacer el análisis de los factores críticos de las competencias de manera independiente, se observa además, que los estudiantes de las sedes rurales tienen competencias matemáticas mucho más bajas que las de los estudiantes de las sedes urbanas. Lo que genera una oportunidad para que el programa CPE puede focalizar esfuerzos en las zonas rurales, y de esta manera llenar los vacíos que existen en estas zonas del país.

También se observó que las docentes mujeres mejoran en un 7% más la probabilidad de que los estudiantes desarrollen de manera efectiva sus competencias en matemáticas frente a los hombres. Esto sugiere, que si el programa de CPE se enfoca en la capacitación de los docentes hombres se podría potencializar la enseñanza de matemáticas en toda la institución, ya que se reduce la brecha entre género, siendo efectiva por igual en ambos géneros.

En el estudio se evidencia que los docentes que enseñan ciencias sociales tienen una ventaja frente a quienes enseñan lenguaje en el desarrollo de las competencias matemáticas de los estudiantes. Para las competencias científicas, los docentes de las áreas de ciencias naturales tienden a tener un efecto más positivo frente a los docentes que enseñan matemáticas. Finalmente, en las competencias de escritura es muy similar el efecto que tienen los docentes que enseñan matemáticas o informática, siendo solo un poco más fuerte el efecto que tienen los últimos.

Estos resultados pueden encontrarse en el informe final de computadores para educar presentado por el CNC.

Estos resultados sugieren que programas como CPE, se pueden enfocar en los docentes que han sido identificados como fundamentales en el desarrollo de las competencias específicas y de esta manera obtener los mejores resultados.

#### **IV. PRINCIPALES RESULTADOS ANALISIS DE IMPACTO**



El programa Computadores para Educar ha centrado su estrategia de apoyo a la mejora en la calidad de la educación en el desarrollo de actividades de formación de docentes para el uso de TICs en distintas áreas del conocimiento.

En el contexto de un programa de inversión como CPE que no tiene ingresos externos por venta de bienes o servicios y que tiene como objetivo apoyar la labor que desde otras instancias se hace para mejorar la calidad de la educación en el país no tiene sentido usar conceptos de sostenibilidad como los que se usan en el sector privado. La sostenibilidad del programa CPE depende de la efectividad de su estrategia principal de apoyo a la educación en el país. Es por esta razón que para examinar la sostenibilidad del programa es necesario considerar estrategias de análisis de impacto del programa que estén estrechamente ligadas con la estrategia de formación de docentes.<sup>2</sup>

Se presentan los efectos encontrados de la capacitación de docentes hecha por el programa Computadores para Educar (CPE) sobre la tasa de deserción, la tasa repitencia, el desempeño en las pruebas Saber 11 y las tasas de acceso a educación superior de los estudiantes pertenecientes a establecimientos educativos (EE) beneficiarios. Se utilizaron dos variables independientes para medir el efecto: en primer lugar, se usó la proporción de docentes capacitados en CPE en el EE; y en segundo lugar, se usó el promedio de años de experiencia de los docentes capacitados en CPE en el EE.

Adicionalmente, se hizo la estimación del efecto por dos metodologías: mínimos cuadrados ordinarios MCO y variables instrumentales. El modelo usado para la estimación por variables instrumentales se encuentra en las ecuaciones 1 y 2.

Primera etapa

$$X_{s,l}^{t,m} = \varphi_0 + \varphi_1 X_{s,l}^{t-1,m-1} + \varphi_2 \text{Controles}_{s,l}^{t,m} + \gamma_s + \delta_l + \theta_t + \sigma_{\text{añosCPEensede}} + \omega \quad (1)$$

Segunda etapa

$$Y_{s,l}^{t,m} = \alpha + \beta_1 \hat{X}_{s,l}^{t,m} + \beta_2 \text{Controles}_{s,l}^{t,m} + \gamma_s + \delta_l + \theta_t + \sigma_{\text{añosCPEensede}} + \varepsilon \quad (2)$$

Donde  $X_{s,l}^{t,m}$  corresponde a las variables independientes mencionadas anteriormente: proporción de docentes capacitados en CPE y el promedio de años de experiencia de los docentes capacitados en CPE para cada año, municipio, sede y nivel educativo/área de enseñanza.  $X_{s,l}^{t-1,m-1}$  corresponde a los instrumentos usados para la estimación, es decir, las mismas variables independientes ya mencionadas pero medidas para el año anterior y los municipios cercanos.  $\text{Controles}_{s,l}^{t,m}$  representa las variables de control usadas en la estimación tales como la proporción de niños, la edad promedio de los estudiantes, el estrato promedio y el nivel educativo promedio de las madres para cada año, municipio, sede y nivel educativo/área de enseñanza.  $Y_{s,l}^{t,m}$  representa las variables dependientes del modelo, es decir, tasa de deserción, tasa de repitencia, puntaje de pruebas Saber 11 y tasa de acceso a la educación superior.

Finalmente, se incluyen efectos fijos de sede  $\gamma_s$ , efectos fijos por nivel educativo o área de enseñanza  $\delta_l$  y efectos fijos de tiempo  $\theta_t$ . Además, se controla por los años que el programa lleva en la sede con  $\sigma_{\text{añosCPEensede}}$ .

Cuando se discute sobre sostenibilidad y educación en TIC, se hace referencia a procesos de innovación desde lo global para lo local. En los años subsiguientes y quizá de forma permanente, el

---

<sup>2</sup> La metodología del estudio realizado por la Universidad de los Andes en 2010 consideraba una forma diferente de evaluar el impacto del programa relacionado con la presencia del mismo en las sedes educativas pero no tenía en cuenta el aspecto de formación de docentes.

campo educativo observará el surgimiento de múltiples dispositivos y servicios tecnológicos. Sin embargo, más allá de generar mecanismos de acceso -que son indispensables-, se requiere de un análisis completo sobre el uso y la pertinencia de los nuevos dispositivos y/o servicios para el sistema educativo local.

Así mismo, tanto el campo de la pedagogía como el de la didáctica están experimentando transformaciones en el diseño e incorporación de metodologías apropiadas para el uso de TIC. Por tal motivo, se requiere la planeación de los procesos a corto y a largo plazo, que permitan la generación de ambientes de aprendizajes interactivos y capaces de adaptarse a los nuevos cambios.

En este sentido y para los fines de esta evaluación, sostenibilidad se entiende también como la capacidad que tienen estos mecanismos para afectar la calidad educativa. Si las innovaciones educativas –entendidas para este caso como el acceso, uso y apropiación de las TICs en la enseñanza -, se ven reflejadas en mayor retención escolar, mayor promoción de grado y mejor desempeño en pruebas estandarizadas de conocimiento, puede decirse que la política es sostenible en cuanto a que, además de traer innovación al aula, impacta indicadores educativos medibles y por lo tanto, trae retornos positivos al sistema educativo.

Una de las primeras acciones propuestas, es el diseño de programas de formación por áreas de enseñanza. Se ha identificado que una de las falencias de la integración de las TIC con las prácticas de enseñanza-aprendizaje, obedece a que “no se vinculan de manera significativa con los aspectos metodológicos y/o didácticos propios de cada disciplina” (Brun, 2011 citado en Relpé-OEI, 2011, p. 12) dentro de las experiencias de formación y por consiguiente, en la práctica pedagógica del docente. Es por esto, que para examinar la sostenibilidad del programa resulta necesario considerar estrategias de análisis de impacto del programa que estén estrechamente ligadas con la estrategia de formación de docentes.

Un indicador fundamental para medir la sostenibilidad del programa es el grado de apropiación que tienen los docentes de la formación recibida por CPE y de las TICs. Se plantea como hipótesis que Computadores para Educar es sostenible como estrategia si, a través de una mayor apropiación de los docentes, se logran impactos significativos en los indicadores educativos de las sedes beneficiadas. Si la apropiación de los docentes impacta dichos indicadores, entonces se diría que la estrategia es sostenible en la medida en que los docentes continúan autónomamente sus procesos pedagógicos incorporando las TICs incluso luego de que la formación ha terminado.

Para medir apropiación se utilizan entonces dos variables: la primera es la proporción de docentes formados en las sedes educativas en cada año y la segunda, son los años promedio de experiencia como docentes formados CPE en la sede. Con dichas mediciones, se puede medir cuantitativamente si a- Mas docentes formados en la sede es positiva y b- si los años que han pasado luego de la formación de CPE han sido positivos para los estudiantes, pues le han permitido al docente apropiarse mejor de las estrategias pedagógicas con el uso de las TICs y tener mejores prácticas de aula.

### **Impacto de Computadores para Educar en la deserción y repitencia y su relación con la sostenibilidad del programa**

La tabla 1 presenta el impacto de la proporción de docentes capacitados en CPE en el establecimiento educativo (EE) en la tasa de deserción y repitencia de los estudiantes en primera y secundaria en el EE. Las columnas (1) y (3) presentan las estimaciones utilizando como método Mínimos Cuadrados Ordinarios (MCO) y las columnas (2) y (4) Variables instrumentales (VI) e incluyen todos los controles mencionados en el informe final. Los asteriscos junto a la primera fila de valores indican que los resultados son significativos con un 99% de confianza. Es decir, sólo con un 1% de probabilidad, la proporción de docentes no impactaría las tasas de deserción o repitencia. Los resultados son consistentemente significativos al método de MCO o de VI. Sin embargo, dado que

es el método de Variables Instrumentales el que ofrece las estimaciones más precisas de impacto, las descripciones de resultados de este documento se concentrarán en estos resultados. Un estadístico que indica que el método de Variables Instrumentales es robusto para las estimaciones aquí presentadas es el estadístico F de Kleibergen-Paap y Wald. De manera general, si dicho estadístico supera el valor de 30, se dice que la primera etapa del método de variables instrumentales es estadísticamente fuerte para predecir el efecto causal evaluado

**Tabla 1. Impacto de la proporción de docentes capacitados en CPE en el establecimiento educativo en su tasa de deserción y repitencia.**

	Tasa de Deserción		Tasa de Repitencia	
	(1)	(2)	(3)	(4)
	MCO	VI	MCO	VI
Proporción de docentes CPE en el Nivel de Enseñanza	-0.059*** (0.004)	-0.348*** (0.011)	-0.074*** (0.003)	-0.291*** (0.007)
Efecto en Desviaciones estándar	-0.059	-0.350	-0.083	-0.325
<i>Desviaciones estándar de las variables*</i>				
Tasa de deserción			0.11	
Tasa de repitencia			0.10	
Proporción de docentes CPE en el Nivel de Enseñanza			0.11	
<i>Primera Etapa</i>				
Proporción de docentes CPE en mun. vecinos el año anterior		1.240*** (0.018)		1.254*** (0.013)
Kleibergen-Paap rk Wald estadístico F		4693.702		9602.654
N	113,758	113,758	115,753	115,753
Número de establecimiento educativos	9,496	9,496	9,657	9,657
Controles	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos de año	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos años CPE en el Establecimiento Educativo	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos de Establecimiento Educativo	Si	Si	Si	Si
Efectos fijos de nivel enseñanza	Si	Si	Si	Si
Errores estandar agrupados por establecimiento educativo entre paréntesis. Efecto en desviaciones estándar presentado en cursiva *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1				

Estimación sobre los establecimientos educativos que han recibido Computadores para Educar. Se contemplan dos niveles de enseñanza: primaria y secundaria.

Controles: edad promedio en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, proporción de hombres en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, estrato promedio en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, y promedio de años de experiencia de los docentes CPE en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza.

\* Las tasas de deserción y repitencia y la proporción de docentes formados se encuentran en proporciones de 0 a 1. Por lo tanto, para obtener estos valores en porcentajes, deben multiplicarse por 100.

Los resultados anteriores muestran la gran importancia que tiene la formación docente para lograr impactos significativos en la tasa de deserción y repitencia de los colegios públicos en Colombia. En particular, aumentar la proporción de docentes formados a lo largo del tiempo, se ha traducido en una reducción importante especialmente en la tasa de deserción interanual mientras que, la mayor experiencia de los docentes con las herramientas que adquieren en la formación de Computadores para Educar es muy importante para reducir la repitencia. Es decir que, aún si Computadores para Educar dejara de formar docentes, el aumento en los años de experiencia de los docentes que ya han sido formados seguiría teniendo impactos significativos en este indicador.

### Efecto de Computadores para Educar en desempeño en Saber 11

La prueba Saber 11 se utiliza como una medida de calidad de la educación y se mide en el momento en que el estudiante termina su educación secundaria. Si bien a la fecha existen otras pruebas similares – Saber 3°, 5° y 9°, la prueba Saber 11 es la única que ha sido censal desde el momento en que comenzó Computadores para Educar y por lo tanto, es la única que permite hacer mediciones de impacto apropiadas.

Para medir el impacto en las pruebas Saber 11 utilizamos la misma metodología de variables instrumentales descrita en la introducción de este objetivo. Los resultados de la estimación se presentan en la tabla 2.

**Tabla 2. Impacto de la proporción de docentes capacitados en CPE en el establecimiento educativo en su desempeño en Saber 11.**

	Puntaje Saber 11 por área	
	(1) MCO	(2) VI
Proporción de docentes CPE en el Área de Enseñanza	0.282*** (0.070)	17.897*** (0.699)
Efecto en Desviaciones estándar	0.008	0.256
<i>Desviaciones estándar de las variables</i>		
Puntaje Saber 11 por área		3.36
Proporción de docentes CPE en el Área de Enseñanza		0.05

*Primera Etapa*

Proporción de docentes CPE en mun. vecinos el año anterior 0.774\*\*\*  
(0.020)

Kleibergen-Paap rk Wald estadístico F 1566.426

N	255,704	255,704
Número de establecimiento educativos	4,671	4,671
Controles	Si	Si
Efectos fijos de año	Si	Si
Efectos fijos años CPE en el Establecimiento Educativo	Si	Si
Efectos fijos de Establecimiento Educativo	Si	Si
Efectos fijos de área enseñanza	Si	Si

Errores estandar agrupados por establecimiento educativo entre paréntesis. Efecto en desviaciones estándar presentado en cursiva \*\*\*  $p < 0.01$ , \*\*  $p < 0.05$ , \*  $p < 0.1$

Estimación sobre los establecimientos educativos que han recibido Computadores para Educar. Se contemplan las siguientes áreas: Biología, Sociales, Lenguaje, Inglés, Matemáticas, Química, Física y Filosofía.

Controles: edad promedio en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, proporción de hombres en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, estrato promedio en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza, y promedio de años de experiencia de los docentes CPE en el establecimiento educativo y por nivel de enseñanza.

\* El puntaje en Saber 11 y la proporción de docentes formados se encuentran en proporciones de 0 a 1. Por lo tanto, para obtener estos valores en porcentajes, deben multiplicarse por 100.

Al igual que en las estimaciones de deserción y repitencia, se presentan dos tipos de efectos: el efecto directo, de 17,897 puntos y el en desviaciones estándar que es igual a 0.256. También se presenta el resultado de la estimación a través de Mínimos Cuadrados Ordinarios – columna (1) – con el fin de ilustrar primero, la pertinencia del método de Variables Instrumentales para corregir los problemas de medición, la cual se refleja en la diferencia en el tamaño del estimador y segundo, para mostrar que el efecto en ambos casos es significativo con un 99% de confianza.

El efecto en desviaciones estándar tiene una interpretación simple y resulta útil para comparar los resultados de Computadores para Educar con otros programas similares que ya han sido evaluados, como se hace en el objetivo 17. Dicho efecto se lee interpreta de la siguiente manera:

Un aumento de una desviación estándar en la proporción de docentes formados en CPE, aumenta el desempeño promedio por área en Saber 11 en 0.256 desviaciones estándar.

Por otro lado, el efecto directo de 17.897 puntos debería interpretarse como que un paso de 0 docentes formados al 100% de docentes formados en CPE de un año a otro aumentaría el desempeño promedio en la prueba en 17.897 puntos. El efecto directo se lee más apropiadamente de la siguiente manera:

**Un aumento de 0 a 8% en la proporción de docentes formados en CPE de un año a otro aumenta el desempeño promedio en la prueba Saber 11 de los estudiantes de ese colegio en 1.52 puntos en una escala de 0 a 100.**

Si se tiene en cuenta que el puntaje promedio de las sedes sin CPE es 41.6 puntos, se concluye entonces que el aumento en la proporción de docentes formados aumenta el puntaje en 3.7%.

### Efecto de Computadores para Educar en el Acceso a la Educación Superior

Finalmente se evalúa el efecto de la formación de docentes en el acceso a educación superior. Para esto, se utiliza la misma metodología que para la prueba Saber 11 y se utilizan las mismas dos variables de impacto: proporción de docentes formados en CPE y años promedio de experiencia como docentes formados en CPE en la sede.

**Tabla 3. Impacto de la proporción de docentes formados en CPE en la tasa de acceso a la educación superior.**

	Tasa de Acceso a Educación Superior	
	(1) MCO	(2) VI
Proporción de docentes CPE	0.025*** (0.007)	0.637*** (0.084)
Efecto en Desviaciones estándar	0.023	0.584
<i>Desviaciones estándar de las variables</i>		
Puntaje Saber 11 por área		0.17
Proporción de docentes CPE		0.16
<i>Primera Etapa</i>		
Proporción de docentes CPE en mun. vecinos el año anterior		0.337*** (0.030)
Kleibergen-Paap rk Wald estadístico F		124.305
N	35,408	35,408
Número de establecimiento educativos	4,675	4,675
Controles	Si	Si
Efectos fijos de año	Si	Si
Efectos fijos años CPE en el Establecimiento Educativo	Si	Si
Efectos fijos de Establecimiento Educativo	Si	Si
Efectos fijos de área enseñanza	Si	Si

Estimación sobre los establecimientos educativos que han recibido Computadores para Educar. Se contemplan sólo a los estudiantes en grado 11° y sólo a los docentes que enseñan en el nivel de secundaria.

Controles: edad promedio en el establecimiento educativo, proporción de hombres en el establecimiento educativo, estrato promedio en el establecimiento educativo, y promedio de años de experiencia de los docentes CPE en el establecimiento educativo.

\* El puntaje en Saber 11 y la proporción de docentes formados se encuentran en proporciones de 0 a 1. Por lo tanto, para obtener estos valores en porcentajes, deben multiplicarse por 100.



**Tabla 4. Impacto de la formación docente de computadores para Educar en la tasa de acceso a educación superior de las sedes beneficiarias.**

Tipo de impacto	Efecto de la proporción de docentes	Efecto de los años de experiencia como docentes CPE
En desviaciones estándar (ds.) <sup>3</sup>	Un aumento de una ds. En la proporción de docentes CPE aumenta la tasa de ingreso a educación superior de los estudiantes en dicha escuela en <b>0,584 ds.</b>	Un aumento de una ds. En los años promedio de experiencia como docentes CPE aumenta la tasa de ingreso a educación superior de los estudiantes en dicha escuela en <b>0,47 ds.</b>
En tasa de acceso	Un aumento de 0 a 0,08 en la proporción de docentes CPE en la sede, <b>aumenta la tasa de acceso a educación superior de los estudiantes en dicha escuela en 5 puntos porcentuales</b>	Un aumento de 0 a 1,9 en los años promedio de experiencia como docentes CPE en la sede, <b>aumenta la tasa de acceso a educación superior de los estudiantes en dicha escuela en 7 puntos porcentuales</b>
Porcentual	Un aumento de 0 a 0,08 en la proporción de docentes CPE en la sede, <b>aumenta la tasa de acceso a educación superior en 23%</b> (respecto a una tasa de acceso promedio de 27%)	Un aumento de 0 a 1,9 en los años promedio de experiencia como docentes CPE en la sede, <b>aumenta la tasa de acceso a educación superior en 35%</b> (respecto a una tasa de acceso promedio de 27%)
Número de estudiantes	<b>44,870 estudiantes más ingresan a educación superior</b>	<b>61,899 estudiantes más ingresan a educación superior</b>

<sup>3</sup> Para hacer este cálculo se utiliza calcula la desviación estándar de la variable explicativa (en este caso proporción de docentes formados o promedio de años de experiencia como docentes CPE) y la desviación estándar de la variable a explicar (tasa de acceso a educación superior). Así, un cambio en desviaciones estándar es el resultado de multiplicar el coeficiente obtenido para la variable explicativa con su desviación estándar y dividirlo por la desviación estándar de la variable explicada.

Los resultados de la estimación utilizando la proporción de docentes formados en CPE se observan en la tabla 3. Por otro lado, los resultados de la estimación utilizando los años promedio de experiencia de los docentes como formados en CPE se presentan en la tabla 4.

Como se puede observar, tanto la proporción de docentes formados como los años de experiencia de dichos docentes tienen un impacto positivo y significativo en la tasa de acceso a educación superior. En este sentido y al igual que en los casos anteriores, los efectos positivos en indicadores educativos que tiene en especial la experiencia docente son evidencia de la sostenibilidad y el impacto de Computadores para Educar, especialmente en su componente de formación docente. Incluso si las formaciones pararan hoy, la acumulación de experiencia como docentes CPE seguiría teniendo efectos positivos en los estudiantes beneficiarios.

## V. CONCLUSIONES PRINCIPALES

Computadores para Educar a través de su Estrategia de Desarrollo Profesional tiene un impacto positivo sobre la calidad educativa, medida en los indicadores de deserción, repitencia, desempeño en las pruebas SABER 11 y en la tasa de ingreso a educación superior de los estudiantes. Es decir, los estudiantes que han estudiado en colegios “tratados” por el CPE tienen menores tasas o probabilidades de deserción y repitencia, mayores resultados en las pruebas SABER 11 y mayor probabilidad de acceso a la educación superior.

Concretamente, un establecimiento que cuente con docentes formados con la Estrategia de Desarrollo Profesional de Computadores para Educar, tiene una tasa de deserción de -4,3%, menor a la de un establecimiento sin CPE. Esto significa que 162 mil estudiantes se están manteniendo dentro del sistema educativo. El promedio de estudiantes colegios beneficiarios por CPE (2009-2013) es de 6’360,569.

De la misma manera, CPE logra que la tasa de repitencia sea de -3,6%, que significa que se está evitando que haya menos de 136 mil estudiantes repitentes en las escuelas.

Asimismo, se determinó que el impacto de CPE sobre la prueba SABER 11 es de 0.25 desviaciones estándar en escuelas que han alcanzado alta apropiación. Si esto se traduce en puestos de la prueba SABER 11 en una escala de 1 a 1000, siendo 1 el mejor desempeño, se pasa –en promedio- del puesto 544 al puesto 492, es decir, una mejoría de 10,6%.

También, se concluye que los estudiantes de los establecimientos educativos que han sido intervenidos con CPE, exhiben en promedio una tasa de acceso a la educación superior 7,5 puntos porcentuales por encima de la de aquellos estudiantes en establecimientos sin CPE. Esto es, que 25 mil estudiantes están ingresando a las universidades.

Adicionalmente, se identificó que un componente fundamental al que se le atribuye los resultados descritos, es la formación docente que da CPE en su programa. Si bien el enfoque de CPE, está en parte en las herramientas tecnológicas el éxito del mismo depende es de la formación que reciben los profesores, quienes tienen la capacidad y la autoridad para promocionar el uso de TIC en la escuela.

En consecuencia, mejorar los conocimientos pedagógicos a través de prácticas de aula que involucren las TIC, es fundamental, dado que, si los maestros no tienen la capacidad de implementar y enriquecer el aula de clase mediante el uso de TIC no las emplearán, o las usarán de forma superficial.

## VI. RECOMENDACIONES

Es claro que el programa es exitoso por lo que las recomendaciones se deben tomar como posibilidades para aumentar aún más el impacto del programa.

- Dar prioridad en el acceso a TIC y a formación para el uso de TIC a poblaciones particulares: sector rural, docentes con bajos niveles educativos.
- Mantener el impulso que ha tenido el país en el acceso a TIC en los colegios.

Otras recomendaciones surgen del análisis de fuentes documentales sobre tendencias internacionales y sobre el análisis de la estructura actual del programa CPE. Se trata de características del programa que no se han implementado en Colombia y que potencialmente pueden ayudar a aumentar el beneficio que se obtiene del programa.

- Generar un programa de formación que involucre a los rectores y coordinadores académicos, a través del cual los equipos directivos de los colegios adquieran herramientas y asuman el compromiso de la implementación transversal de las TIC en su institución educativa.
- Crear generar un comité técnico para promover desde los lineamientos curriculares, el uso de las TIC de forma transversal en el aula.

Se requiere encontrar nuevas metodologías de enseñanza exitosas apoyadas en TIC que sean y replicables mediante pequeños pilotos. Es claro que hay diferencias significativas entre profesores en el impacto que tienen en sus estudiantes. Si bien los efectos en general son positivos hay metodologías de enseñanza mas exitosas que otras. Es importante identificar qué hace y cuáles son las buenas prácticas de la enseñanza con TIC.

Se recomienda entablar un diálogo nacional sobre el uso y acceso de TIC entre padres de familia, docentes, rectores, secretarías de educación y el Ministerio de Educación Nacional. El padre de familia es uno de los gestores, reguladores y mediadores del uso de TIC, su rol está emergiendo y hace su tarea sin muchos referentes y fuertemente conducido por el sentido común y los mensajes del mercado y los medios masivos. Se debe trabajar con ellos fuera del contexto formal a través de otras redes de aprendizaje invisible.

Es importante que se reconozca el papel transformador que están teniendo las TIC en el mundo. Se debe dialogar sobre como estas tecnologías se ajustan y acomodan a los contextos particulares de Colombia, y no solo tomarlas como consumidores de tecnología.

Siguiendo este diálogo se requiere diseñar contenidos digitales diferentes que tengan en cuenta las necesidades en areas urbanas y rurales. Para no se solo consumidores tecnológicos es fundamental que se adapten los contenidos a las realidades locales, no solo nacionales.

Es importante estudiar nuevas propuestas pedagogicas que aprovechen las capacidades que traen las TIC como el seguimiento a distancia y contenidos personalizados. Este proceso de transformación tecnológica ocurre a nivel mundial y es importante mantener una vigilancia tecnológica frente a la pedagogía y el lograr capacidades en los colombianos que les permita ganar relevancia en el contexto global.

## VII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA EN EL ESTUDIO

ALIMISIS, D.; M. Moro; J. Arlegui; A. Pina; S. Frangou & K. Papanikolaou, (2007). "Robotic & constructivism in education: The TERECoP project", Eurologo.

ALIMISIS, D. & G. Boulousgaris, (2014). Robotic in physics education: fostering graphing abilities in kinematic. Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES – ANDI. (2011) CPE-Colectivo ANDI. Presentación. Bogotá, Colombia.

ATMATZIDOU, S. & S. Demetriadis, (2014). "How to Support Students' Computational Thinking Skills in Educational Robotic Activities". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

AUSTIN, R. & B. Hunter, (2013). "ICT Policy and Implementation in Education: Cases in Canada, Northern Ireland and Ireland". European Journal of Education, 48(1), 178-192.

ANGRIST, J. & V. Lavy, (2002). "New Evidence on Classroom Computers and Pupil Learning," The Economic Journal, 112, no. 482, pp. 735-765.

BALANSKAT, A. (2013). Introducing Tablets in Schools: The Acer-European Schoolnet Tablet Pilot. European Schoolnet.

BANERJEE, A.; S. Cole; E. Duflo & L. Linden, (2005). "Remedying Education: Evidence from Two Randomized Experiments in India", Working Paper No. 109: Bureau for Research and Economic Analysis of Development (BREAD).

BARRERA-OSORIO, F. & L. Linden, (2009). "The use and misuse of computers in education: evidence from a randomized experiment in Colombia". Policy Research Working Paper Series 4836, The World Bank.

BARROW, L.; L. Markman & C. Rouse, (2009). "Technology's Edge: The Educational Benefits of Computer-Aided Instruction," American Economic Journal: Economic Policy, American Economic Association, vol. 1(1), pages 52-74, February.

BELBOOM, S., RENZONI, R., DELEU, X., DIGNEFFE, J.-M., LEONARD, A., (2011). "Electrical waste management effects on environment using life cycle assessment methodology: the fridge case study". In: SETAC EUROPE 17th LCA Case Study Symposium Sustainable Lifestyles, Budapest, Hungary, p. 2.

BET, G.; P. Ibararán & J. Cristia. 2010. "Access to Computers, Usage, and Learning: Evidence from Secondary Schools in Peru." Washington, DC, United States: Inter-American Development Bank, Research Department. Mimeographed document

BIHLMAIER, A.; M. Vollert & H. Wörn, (2014). "The Herd of Educational Robotic Devices (HERD): Promoting Cooperation in Robotic Education". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International

BOCCONI, S.; P. Kampylis & Y. Punie, (2013). "Framing ICT- enabled innovation for learning: The case of one- to- one learning initiatives in Europe". European Journal of Education, 48(1), 113-130.

BRADY, M. SELI, H. & ROSENTHAL, J. (2013). "Clickers" and metacognition: A quasi-experimental comparative study about metacognitive self-regulation and use of electronic feedback devices.

Computers & Education, 65, pp. 56-63. BROADBENT, R., & PAPADOPOULOS, T. (2013). "Bridging the digital divide – An Australian story". Behaviour & Information Technology, 32(1), 4–13.

CACCO, L. & M. Moro, (2014). "When a Bee meets a Sunflower". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

CAMPBELL, D. (2001). "Can the digital divide be contained?" International Labour Review, 140(2), 119–141. CARDONA, A.; Y. Fandiño & J. Galindo, (2014). "Formación docente: creencia, actitudes y competencias para el uso de TIC". Lenguaje, 42 (1), 173-208.

CARRILLO, P.; M. Onofa & J. Ponce, (2013). "Information Technology and Student Achievement: Evidence from a Randomized Experiment y Ecuador. IDB Working Paper Series IDB-WP-223. Interamerican Development Bank.

CATLIN, D. & J. Woollard, (2014). "Educational Robots and Computational Thinking". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

CLARKE, B. & S. Svanes, (2014). "An Updated Literature Review on the Use of Tablets in Education". Family Kids and Youth: 9 april.

COWIE, B.; A. Jones & A. Harlow, (2011). "Laptops for teachers: practices and possibilities. Teacher Development", 15(2), 241–255. doi:10.1080/13664530.2011.571513.

CHENG, S., CHAN, C.W., HUANG, G.H., (2003). "An integrated multi-criteria decision analysis and inexact mixed integer linear programming approach for solid waste management". Engineering Applications of Artificial Intelligence 16, 543–554.

CHON, K. (2001). "The future of the Internet digital divide". Communications of the ACM, 44(3), 116–117.

CRONIN, B. (2002). "The digital divide". Library Journal, 127(3), 48.

CNC (2015). Informe final del estudio de impacto de Computadores para Educar. Informe Final.

DARLING-HAMMOND, L.; M. Zieleszinski & S. Goldman, (2014). "Using Technology to Support At-Risk Students' Learning" (Stanford, CA: Stanford Center for Opportunity Policy in Education and Alliance for Excellent Education, 2014).

Damien Kee (2010). Robotics in Education. eJournal, Volume 3.

DESSIMOZ, J.; P. Gauthey; D. Leuba & J. Didier, (2014). "Robotic for Teaching Creative Activities in Primary and Secondary Schools - a Case Study". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

DÍAZ BARRIGA, F. (2011). TIC y competencias docentes del siglo XXI. En los desafíos de las TIC para el cambio educativo – Serie TIC. CARNEIRO, R., TOSCANO, J.C., & DÍAZ, T (Eds.). OEI – Fundación Santillana. ISBN 978-84-7666-197-0. DRUIN, A. & J. Hendler, (2000). Robots for Kids: Exploring New Technologies for Learning. Academic Press.

EGUCHI, A. (2014). "Robotic as a Learning Tool for Educational Transformation". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

ERDOGDU, F. & ERDOGDU, E. (2015). The impact of Access to ICT, student background and school/home environment on academic success of students in Turkey: An international comparative analysis. *Computers & Education*, 82, pp. 26-49. FAIST EMMENEGGER, M.,

EUROBARÓMETRO (2001). Indicadores básicos de la incorporación de las TIC a los sistemas educativos europeos. Informe anual 2000/01.

FRISCHKNECHT, R., STUTZ, M., GUGGISBERG, M., WITSCHI, R., OTTO, T., (2006). "Life cycle assessment of the mobile communication system UMTS: towards eco-efficient systems". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 11, 265–276.

FAIRLIE, R. & J. Robinson, (2013). "Experimental evidence on the effects of home computers on academic achievement among schoolchildren", NBER Working Paper 19060.

FREY, R.C. (2012). "Computer Games as Preparation for Future Learning. En D. Ifenthaler et al. (eds.), *Assessment in Game-Based Learning: Foundations, Innovations, and Perspectives*. doi 10.1007/978-1-4614-3546-4\_21, Springer Science+Business Media New York.

FUCHS, T. & L. Woessmann, (2004). "Computers and student learning: Bivariate and multivariate evidence on the availability and use of computers at home and school". Munich: Center for Economics Studies. CESIFO Working Paper NO. 1321.

FUNDACIÓN CHILENTER, (2008, 2011, 2012) "Memoria anual Chilenter". Santiago de Chile, Chile.

GOOLSBEE, A. & J. Guryan, (2005). "The Impact of Internet Subsidies in Public Schools," *The Review of Economics and Statistics*, 88 no. 2, Mayo, 336-347.

GUO, W. & Y. Cai, (2006). "Repuestas de la Educación Superior China a los retos de la sociedad de la información". *Revista Magisterio Tecnologías de la información*, No 20:"

HIGGINS, S.; C. Falzon; I. Hall; D. Moseley; F. Smith; H. Smithe & K. Wall, (2005). "Embedding ICT in the Literacy and Numeracy Strategies: final report". Project report. University of Newcastle upon Tyne, Newcastle.

HISCHIER, R., BAUDIN, I., (2010). "LCA study of a plasma television device". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 15, 428–438.

HUNG, D.; S. Lee & K. Lim, (2012). "Authenticity in learning for the twenty-first century: bridging the formal and the informal". *Education Technology Research Development*, 60, pp. 1071-1091. Doi. 10.1007/s11423-012-9272-3.

INSTITUTO PARA LA CONECTIVIDAD DE LAS AMÉRICAS. (2003) "Enriqueciendo la Formación de las Nuevas Generaciones de Colombianos" CPE. Bogotá, Colombia.

JANKA, P., (2008) "Using a Programmable Toy at Preschool Age: Why and How?" Venice (Italy) November, 3-4 ISBN 978-88-95872-01-8. pp. 112-121.

JANG, Y., (2010). "Waste electrical and electronic equipment (WEEE) management in Korea: generation, collection, and recycling systems". *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 12(4), 283–294. doi:10.1007/s10163-010-0298-5.

KAHHAT, R.; J. Kim; M. Xu; B. Allenby; E. Williams & P. Zhang, (2008). "Exploring e-waste management systems in the United States". *Resources, Conservation and Recycling*, 52(7), 955–964. doi:10.1016/j.resconrec.2008.03.002.



KANDLHOFER, M. & G. Steinbauer, (2014). "Evaluating the impact of robotic in education on pupils' skills and attitudes". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

KARSENTI, T. & A. Fievez, (2013). "The iPad in education: uses, benefits, and challenges: A survey of 6,057 students and 302 teachers in Quebec (Canada)". Preliminary Report of Key Findings.

KAY, R.H. & LESAGE, A. (2009). Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of literature. *Computers & Education*, 53, pp. 819-827. KIDDEE, P.; R. Naidu & M. Wong, (2013). "Electronic waste management approaches: an overview". *Waste Management* (New York, N.Y.), 33(5), 1237–50. doi:10.1016/j.wasman.2013.01.006.

KIM, S., HWANG, T., OVERCASH, M., (2001). "Life cycle assessment study of color computer monitor". *The International Journal of Life Cycle Assessment* 6, 35–43.

KISSLING, R.; C. Fitzpatrick; H. Boeni; C. Luepschen; S. Andrew & J. Dickenson, (2012). "Definition of generic re-use operating models for electrical and electronic equipment". *Resources, Conservation, Recycling*, 65, 85–99.

KOO, J.-K., SHIN, H.-S., YOO, H.-C., (1991). "Multi-objective siting planning for a regional hazardous waste treatment center". *Waste Management & Research* 9, 205–218.

KUBATKO, M. & K. Vlckova, (2010). "The relationship between ICT use and science knowledge for Czech students: a secondary analysis of PISA 2006", *International Journal of Science and Mathematic Education*, 8, pp. 523–543.

LAI, F.; R. Luo; L. Zhang; X. Huang & S. Rozelle, (2011). "Does Computer-Assisted Learning Improve Learning Outcomes? Evidence from a Randomized Experiment in Migrant Schools in Beijing". *Rural Education Action Project*.

LUNDGREN, K., (2012) "The global impact of e-waste: Addressing the challenge." *International Labour Office -Programme on Safety and Health at Work and the Environment (SafeWork), Sectoral Activities Department (SECTOR). – Geneva. International Labour Organization [ILO]. Recuperado el 19/09/2014 de: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_dialogue/---sector/documents/publication/wcms\\_196105.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---sector/documents/publication/wcms_196105.pdf).*

LUU, K. & J. Freeman, (2011). "An analysis of the relationship between information and communication technology (ICT) and scientific literacy in Canada and Austria", *Computers & Education*, 56, pp. 1072–1082.

MANOMAIVIBOOL, P., (2009). "Extended producer responsibility in a non-OECD context: The management of waste electrical and electronic equipment in India". *Resources, Conservation and Recycling*, 53(3), 136–144. doi:10.1016/j.resconrec.2008.10.003.

MARTHALER, C., (2008) "Computers for Schools: Sustainability Assessment of Supply Strategies in Developing Countries. A case study in Colombia". *Department of Environmental Science, Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETH). Tesis de Maestría, Zurich, Suiza.*

MARTINEZ-MALDONADO, R., DIMITRIADIS, Y., MARTINEZ-MONÉS, A., KAY, J. & YACEF, K. (2013). Capturing and analyzing verbal and physical collaborative learning interactions at an enriched interactive tabletop. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 8 (4), pp. 455-485. MENGOLI, P. & M. Russo, (2014). "Education with micro-robots and innovation in

education". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL. (2007). Orientaciones generales para la educación en tecnología. Ser competente en tecnología: ¡una necesidad para el desarrollo! Bogotá, Colombia.

MINISTERIO DE PLANEACIÓN, (2008, 2010) "Computadores para la inclusión Brasil". Brasil.

MINISTERIO DE PLANEACIÓN, (2009) "Política Pública de Inclusión Digital". Brasil.

MONTRIEUX, H.; R. Vanderlinde; C. Courtois; T. Schellens & L. De Marez, (2014). "A qualitative study about the implementation of Tablet computers in secondary education: the teachers' role in this process". International Conference on Education and Educational Psychology. Procedia – Social and Behavioral Sciences 112, 481-488.

LEUVEN, E.; M. Lindahl; H. Oosterbeek & D. Webbink, (2004). "The Effect of Extra Funding for Disadvantaged Pupils on Achievement". Review of Economics and Statistics 2007 89:4, 721-736.

MACHIN, S.; S. McNally & O. Silva, (2007). "New Technology in Schools: Is There a Payoff?" Economic Journal, 117, no. 522, July: 1145-1167.

MALAMUD, O. & C. Pop-Eleches, (2011). "Home Computer Use and the Development of Human Capital". Quarterly Journal of Economics, 126, 98-1027.

MARTHALER, C. (2008) "Computers for Schools: Sustainability Assessment of Supply Strategies in Developing Countries. A case study in Colombia." Department of Environmental Science, Swiss Federal Institute of Technology Zürich (ETH). Tesis de Maestría, Zurich, Suiza.

MELO, G.; A. Machado; A. Miranda & M. Viera, (2013). "Profundizando en los efectos del Plan Ceibal" Centro de Investigación y Docencia Económicas (CIDE) – México. Agosto MO, D.; J. Swinnen; L. Zhang; H. Yi; Q. Qu; M. Boswell & S. Rozelle, (2012). "Can One-to-One Computing Narrow the Digital Divide and the Educational Gap in China? The Case of Beijing Migrant Schools", World Development, Elsevier, vol. 46(C), pages 14-29.

NOTTEN, N. & G. Kraaykamp, (2009). "Home media and science performance: a cross national study", Educational Research and Evaluation, 15, pp.367–384.

NUGENT, G.; B. Barker; N. Grandgenett & G. Welch, (2014). "Robotic Camps, Clubs, and Competitions: Results from a U.S". Robotic Project. Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).

OECD, (2001). Organisation for Economic Cooperation and Development, Understanding the digital divide, París.

ORGANIZACIÓN DE ESTADOS AMERICANOS, (2002). "Agenda de conectividad para las américas". [OEA].

ORTEGÓN, E.; J. Pacheco & H. Roura, (2005) "Metodología general de identificación, preparación y evaluación de proyectos de inversión pública". CEPAL- Serie Manuales N° 39, Santiago de Chile.

PAGANO, R. & PAUCAR-CACERES, A. (2013). Using systems thinking to evaluate formative feedback in UK higher education: the case of classroom response technology. Innovations in Education and Teaching International, 50 (1), pp. 94-103. PAPAIKONOMO, K.; S. Kipourou; A.

Kungolos; L. Somakos; K. Aravossis; I. Antonopoulos & A. Karagiannidis, (2009). "Marginalised social groups in contemporary waste management within social enterprises investments: A study in Greece". *Waste Management* (New York, N.Y.), 29(5), 1754–9. doi:10.1016/j.wasman.2008.11.012.

PELLAS, N. (2014). "The influence of computer self-efficacy, metacognitive self-regulation and self-esteem on student engagement in online learning programs: Evidence from the virtual world of Second Life". *Computers in Human Behavior*, 35, pp. 157-170.

PELLEGRINO, J.W. & HILTON, M.L. (2012). *Education for Life and Work: Developing Transferable Knowledge and Skills in the 21st Century*. National Academies Press. ISBN 978-0-309-25649-0. POLLOCK, D., COULON, R., (1996) "Life cycle assessment of an inkjet print cartridge. In: *Proceedings of the 1996 IEEE International Symposium on Electronics and the Environment*", ISEE-1996, pp. 154–160.

REGIONAL POLICY EUROPEAN COMMISSION, (2008) "Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects". Evaluation Unit DG of Regional Policy, European Commission. [RPEC].

RODRÍGUEZ, C.; F. Sánchez & J. Márquez, (2011). "Impacto del Programa Computadores para Educar; en la deserción estudiantil, el logro escolar y el ingreso a la educación". Documentos CEDE 008744, Universidad de los Andes.

ROUSE, C.; A. Krueger & L. Markman, (2004). "Putting Computerized Instruction to the Test: A Randomized Evaluation of a 'Scientifically-based' Reading Program", *Economics of Education Review* 23, no. 4 August: 323-338.

SERRANO, A. & E. Martínez, (2003). "La brecha Digital: Mitos y Realidades". Editorial Universidad Autónoma de Baja California-UABC, México. ISBN 970-9051-89-X  
S.D. (2011) "Lineamientos gestión de RAEE".

SCHIERING, I.; A. Hitzmann & R. Gerndt, (2014). "Testing in Robotic Student Teams - A Case Study about Failure and Motivation". *Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education*. Padova (Italia).  
SCHISCHKE, K., SPIELMANN, M., (2001). "Environmental assessment in production of electronic components – possibilities and obstacles of LCA methodology". In: *13th Discussion Forum on Life Cycle Assessment*, Lausanne, Switzerland, p. 9.

SCHWARTZ, D.; J. Bransford & D. Sears, (2005). "Efficiency and Innovation in Transfer". En J. Mestre (Ed.), *Transfer of Learning from a modern multidisciplinary perspective* (pp. 1-51). Greenwich, CT: Information Age.

SHARIFI, M., HADIDI, M., VESSALI, E., MOSSTAFAKHANI, P., TAHERI, K., SHAHOIE, S.,

SHARMA, U., (2012). "Can Computers Increase Human Capital in Developing Countries? An Evaluation of Nepal's One Laptop per Child Program". Mimeo.

SOCOLOF, M.L., OVERLY, J.G., GEIBIG, J.R., (2005). "Environmental life-cycle impacts of CRT and LCD desktop computer displays". *Journal of Cleaner Production* 13, 1281–1294.

SPIEZIA, V., (2010). "Does computer use increase educational achievements? Student level Evidence from PISA", *OECD Journal: Economic Studies*.

SUNKEL, G. (2011). *Las TIC en la educación en América Latina: visión panorámica*. En los desafíos de las TIC para el cambio educativo – Serie TIC. CARNEIRO, R., TOSCANO, J.C., &

DÍAZ, T (Eds.). OEI – Fundación Santillana. ISBN 978-84-7666-197-0.

TAN, J.; J. Lane & G. Lassibille, (1999). "Student outcomes in Phillipine elementary schools: An evaluation of four experiments". World Bank Economic Review, 13(3):493-508.

THIGPEN, K. (2014). "Creating anytime, anywhere learning for all students: key elements of a comprehensive digital infrastructure". Alliance for Excellent Education.

UNESCO, (2012). "Informe sobre el Uso de las Tecnologías de Información y Comunicación (TIC) en la Educación para Personas con Discapacidad. Quito, Ecuador.

UNESCO, (2013). "Uso de TIC en educación en América Latina y el Caribe: Análisis regional de la integración de las TIC en la educación y de la aptitud digital (e-readiness)". Instituto de Estadística de la UNESCO. ISBN 978-92-9189-125-2.

UNESCO, (2014). "Model Policy for Inclusive ICTs in Education for Persons with Disabilities". ISBN 978-92-3-100005-8. UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones). Disponible en línea <http://www.itu.int/en/ITU-D/Statistic/Pages/stat/default.aspx>

VALLAURI, U. (2009). "Beyond e-waste: Kenyan creativity and alternative narratives in the dialectic of end-of-life. In ethics of waste in the information society". International Review of Information Ethics, 11, 20–23.

VARGAS, C., (2014). "Utilización de TIC, Competencias Básicas y Calidad de la Educación". Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 42, 4-37.

VEGO, G., KUCAR-DRAGICEVIC, S., KOPRIVANAC, N., (2008). "Application of multi-criteria decision-making on strategic municipal solid waste management in Dalmatia, Croatia". Waste Management 28, 2192–2201.

WASTIAU, P.; R. Blamire; C. Kearney; V. Quittre; E. Van de Gaer & C. Monseur, (2013). The use of ICT in education: A survey of schools in Europe. European Journal of Education, 48(1), 11-27.

ZABALA, G.; R. Moran & S. Blanco, (2014). "A new educational tool for Bioloid Kit". Proceedings of the 4th International Workshop Teaching Robotic, Teaching with Robotic & 5th International Conference Robotic in Education. Padova (Italia).