



DOCUMENTOS ACADÉMICOS #3

COMPUTADORES PARA EDUCAR (CPE) EN TIEMPOS DE PANDEMIA

MARZO 2023 - N° 3

AUTORES

Danny Fabián Suárez Niño

Resumen

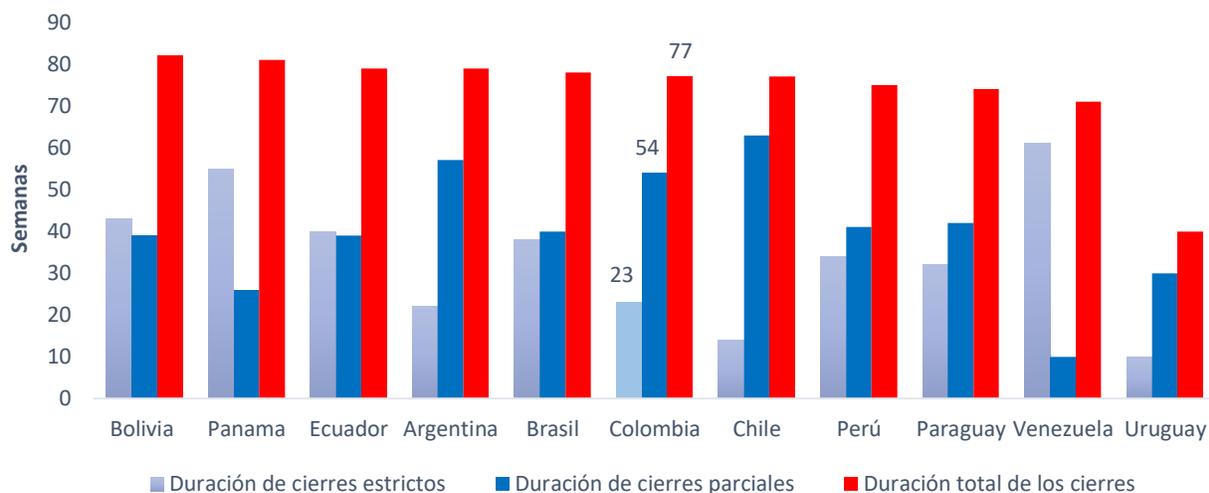
La llegada del COVID-19 ocasionó el cierre de colegios en todo el mundo y Colombia no fue la excepción. Hasta entonces, el país había recorrido un largo camino en la implementación del programa Computadores Para Educar (CPE) que ha mostrado tener éxito en mejorar el aprendizaje, disminuir la deserción escolar y aumentar el acceso a la educación superior. Este trabajo analiza si en medio de la emergencia sanitaria cuando la educación se impartió de manera remota, el programa logró mitigar el impacto de la pandemia sobre el rendimiento escolar, mediante el suministro de elementos como computadores y tabletas. A partir de la información del ICFES y del programa CPE se estima un modelo de diferencias en diferencias, el cual se vale de un panel a nivel de colegio desde el año 2010 hasta el 2021. Los resultados sugieren que la relación de equipos por estudiante tiene un efecto positivo que es estadísticamente significativo sobre el puntaje total en las pruebas de estado de 0,013 desviaciones estándar para 2020 y 0,010 para 2021.

Introducción

La pandemia generada por el COVID-19 trajo consigo grandes retos de adaptación en distintos campos; las personas tuvieron que adaptar sus vidas a las nuevas condiciones laborales en el trabajo remoto, cambio en sus relaciones interpersonales y su relación con la educación. En esta última, el cierre obligatorio de las instituciones educativas forzó a los estudiantes de todos los niveles a continuar su aprendizaje de forma remota. Tal como le menciona un informe de la UNESCO y CEPAL (2020) “a mediados de mayo de 2020 más de 1.200 millones de estudiantes de todos los niveles de enseñanza, en todo el mundo, habían dejado de tener clases presenciales en la escuela. De ellos, más de 160 millones eran estudiantes de América Latina y el Caribe”. De manera particular, en Colombia los cierres tuvieron lugar el 20 de marzo de 2020, cuando el gobierno anunció un aislamiento preventivo obligatorio a nivel nacional que entraría en vigor el 25 del mismo mes. Desde ese momento, toda la actividad económica se vio afectada por las restricciones a la libre movilidad.

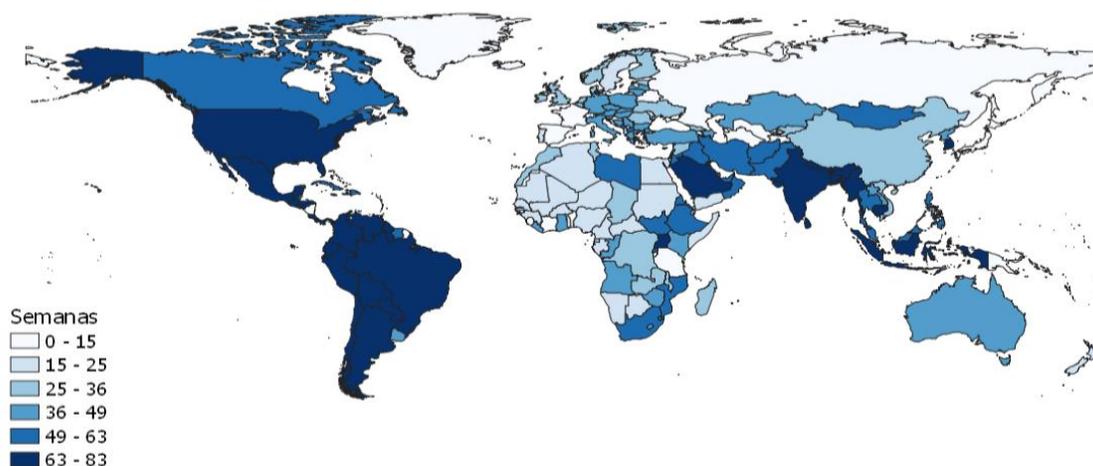
En el caso de las escuelas, la UNESCO reporta que Colombia tuvo un total de 23 semanas de cierres estrictos y 54 semanas de cierres parciales en las diferentes escuelas y niveles educativos. Si bien a nivel regional Colombia se encuentra dentro del promedio en la duración de los cierres, está muy por encima de la media mundial convirtiéndola en uno de los países con mayor afectación en esa materia. (gráfico 1, 2 y anexo 1).

Gráfico 1: Cierres de escuelas en América Latina. Duración en semanas



Fuente: Elaboración propia a partir de datos UNESCO

Gráfico 2. Duración total del cierre de escuelas en el mundo



Fuente: Elaboración propia con base en UNESCO, 2022

En consecuencia, los colegios, universidades y demás centros educativos vieron limitadas sus actividades y recurrieron al trabajo remoto, que se valió de herramientas de aprendizaje a distancia, aprendizaje sincrónico

o asincrónico, entre otros, para continuar impartiendo sus contenidos. Esos cierres junto con el difícil acceso a sistemas de comunicación hicieron de la enseñanza remota, un reto; según el DANE (2019), “para el total nacional, el 37,3% de los hogares poseía computador de escritorio, portátil o tableta; 46,0% en las cabeceras y 9,0% en centros poblados y rural disperso”. Así mismo, “el 51,9% de los hogares poseía conexión a Internet para el total nacional; 61,6% para las cabeceras y 20,7% en centros poblados y rural disperso” (DANE, 2019).

Así pues, en momentos en que la virtualidad fue el único medio para continuar con las clases en el país, es de esperarse que la tenencia y habilidades en el uso de dispositivos TIC haya sido un elemento fundamental de apoyo para sortear mejor las dificultades que trajo consigo la pandemia. Es allí donde Computadores Para Educar (CPE) juega un papel preponderante. El programa fue fundado en el año 2000 con el propósito de cerrar las brechas de acceso en las tecnologías de la información y comunicaciones y capacitar a la comunidad educativa del país en su uso. La esencia del programa consiste en la entrega de dotaciones para las salas de cómputo, así como de portátiles y tabletas de uso personal. De la misma forma, capacita tanto a estudiantes como docentes en el manejo de esos elementos. A razón de que el programa fue implementado años atrás para fortalecer las capacidades tecnológicas de la población educativa, es plausible que haya logrado mitigar los efectos de la pandemia que demandó un adecuado manejo de dispositivos electrónicos. Por eso, es de esperarse que los beneficiarios de CPE estuvieran mejor preparados para la virtualidad.

Si bien se han encontrado efectos positivos del programa sobre el rendimiento escolar tal como lo constatan las evaluaciones de impacto de Osorio, F & Linden, L & Hernández, (2008), Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011), Centro de consultoría (2014) y UNAL – GITEI (2018), el aporte de esta investigación se centra en determinar el impacto de este programa en el rendimiento de los estudiantes para los años 2020 y 2021, periodos que se vieron afectados por los confinamientos obligatorios a raíz del virus SARS-Cov2 y que realzaron más que nunca la importancia de estas herramientas tecnológicas y su rol en la educación. Para eso, se construye un panel de información desde el 2010 hasta el 2021 a nivel de colegio, que proviene principalmente de dos fuentes; por un lado, bases administrativas del programa CPE y por otro, los datos de las pruebas Saber 11 que contienen características socioeconómicas de los estudiantes y su puntaje en los exámenes. Con esos datos, se estima un modelo de diferencias en diferencias que permite recuperar el efecto del programa sobre el puntaje en las pruebas para los años de interés, 2020 y 2021.

Los resultados del trabajo muestran que CPE tiene un efecto positivo y estadísticamente significativo sobre los resultados promedio de las pruebas Saber 11, lo que ayudó a mitigar el fuerte impacto generado por la pandemia. En general, este trabajo busca contribuir a la literatura con nueva evidencia alrededor del efecto que tienen los TIC sobre el rendimiento escolar en contextos de aprendizaje virtual y cómo su implementación permite, al menos de forma parcial, mitigar las graves consecuencias que han dejado los cierres prolongados de los colegios. Además, los resultados encontrados pueden ser un precedente de cómo evitar que las brechas entre la educación pública y privada se profundicen, si una situación de similares características llegase a presentarse en el futuro, a la vez que abre una ventana de oportunidad de cara a la incorporación de metodologías virtuales de aprendizaje.

Este documento se divide en 6 secciones. Se da inicio con la exposición de evidencia alrededor del uso de las TIC sobre el desempeño escolar y los procesos de aprendizaje. Luego, se esboza el programa CPE y sus

propósitos generales. A continuación, se detallan los datos que fueron la base de las estimaciones. Posteriormente, se describe la metodología del modelo econométrico que permite estimar el efecto causal. Finalmente, se presentan los resultados obtenidos y se incluyen las conclusiones y algunas recomendaciones de política pública con base en la evidencia encontrada.

Revisión de Literatura

La evidencia existente alrededor de este tema es mixta. Algunos estudios como Osorio, F & Linden, L & Hernández, (2008), Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011) y UNAL – GITEI (2018), y Alderete y Formichella (2016) han evaluado este programa en el pasado e iniciativas de similares características en otras latitudes, encontrando efectos positivos sobre el aprendizaje escolar. Por otro lado, algunas evaluaciones de impacto se han enfocado más en efectos de las TIC sobre rendimientos en áreas del conocimiento específicos y no han hallado resultado alguno e incluso sugieren efectos negativos, tal como son los casos de Angrist, J & Lavy, V (2002) y Prieto, C (2014). Las diferentes metodologías, así como la heterogeneidad de los datos e intervenciones empleadas en los estudios dan cuenta de lo complejo que es establecer un consenso en esta materia.

Ahora bien, con respecto al caso colombiano, a la fecha existen algunos diagnósticos de los retos que implicó la virtualidad en la enseñanza de los colegios del país. Abadía et al (2021), mencionan que el cierre abrupto de los planteles educativos en el 2020 implicó un cambio radical en la forma de aprendizaje; si bien los colegios privados pudieron trasladarse rápidamente a la virtualidad, en el caso de los colegios estatales, estos tuvieron que impartir clases a través de programas radiales, material impreso e incluso WhatsApp. Además, las autoras incluyen una descripción del desempeño académico con y sin acceso a herramientas tecnológicas y de conectividad, lo que en principio muestra un mejor resultado en las pruebas Saber 11 en aquellos estudiantes que cuentan con internet en relación con los que no.

Gráfico 3: Puntaje general del Saber 11 para estudiantes con y sin acceso a herramientas tecnológicas



Fuente: Tomado de Abadía et al (2021)

Además, el laboratorio de economía de la educación de la Universidad Javeriana publicó los resultados de la encuesta de percepción de docentes y rectores que indaga sobre los métodos de enseñanza, cambios y retos generales que debieron asumir luego del cese intempestivo de actividades. En dicha encuesta, Abadía et al(2021) muestran que las principales razones por la que los estudiantes no participaron en ningún tipo de actividad académica fueron, en primer lugar, la ausencia de conexión a internet, seguida de la falta de algún dispositivo electrónico como computador, tableta o celular inteligente.

Las TIC en el aprendizaje

• Evidencia internacional

En el ala de autores que han encontrado efectos positivos de las herramientas informáticas, se encuentra un estudio realizado en Argentina por Alderete y Formichella (2016), donde evalúan el programa Conectar Igualdad, que tiene como objetivo reducir las brechas digitales en las instituciones públicas del país. Esta meta se logró con la distribución de 3 millones de notebooks entre el 2010 y 2012 y también el desarrollo de contenido digital y didáctico que permitió la apropiación de estas tecnologías. En este estudio evalúan el impacto en las pruebas PISA a través de la metodología de *propensity score matching (PSM)* o emparejamiento y encuentran que la participación en el programa tiene un incremento en los módulos de matemáticas, lectura y ciencias de aproximadamente 5% adicional del puntaje medio en las pruebas.

De la misma forma, Alderete, Formichella y Krüger (2020) estudian el efecto del acceso y uso de las TIC en población vulnerable en una provincia de Buenos Aires. Usando información de encuestas con características del hogar, estiman a través de una regresión logística cómo estas características están relacionadas con la permanencia del estudiante medida a través de una categoría ordenadas (si no estudia, si estudia con o sin repitencia). Los autores encuentran una asociación significativa entre el uso de herramientas TIC y el rendimiento académico, pero no así para el acceso a internet. Es decir, no necesariamente el uso de internet tuvo una relación positiva sobre la probabilidad de estar estudiando con o sin repitencia. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este estudio representa asociaciones entre estas características y no establece causalidad.

En esta misma línea, Nisar, M & Munir, E & Shad, S (2011) realizan una estimación para Pakistán de la incidencia que tienen el uso y conocimiento de las TIC sobre la educación. Para ello, realizan un total de 429 encuestas donde recogen información sobre características de colegios y universidades (como, por ejemplo, el acceso a última tecnología, uso de internet o aumento del conocimiento). Los principales resultados encuentran una asociación significativa entre la disponibilidad y el uso de las TIC, y el desempeño de los estudiantes. Eso sugiere, aunque de nuevo sin establecer causalidad, que las herramientas de tecnología de información y comunicaciones ayudan a que los estudiantes mejoren sus habilidades de aprendizaje.

Adicionalmente, un estudio en España realizado por Almerich et al (2016) no solo resalta la importancia de las TIC en el desempeño estudiantil per se, sino también en el aprendizaje docente y como este último impacta la pedagogía empleada en el proceso de enseñanza. A partir de encuestas realizadas a docentes, tanto de colegios como universidades en la comunidad de Valencia, se recopila información de características socioeconómicas,

prácticas educativas y conocimiento de TIC y estiman un modelo de variables latentes. Concluyen que las competencias tecnológicas constituyen la base de las competencias pedagógicas, lo que refuerza la necesidad de capacitar a los profesores independientemente del nivel educativo en el que enseñen.

En general, estos medios alternativos de aprendizaje en tiempos de incertidumbre tienen un común denominador: conocimiento de uso y acceso a un dispositivo electrónico que permita el aprovechamiento del contenido a distancia. En suma, algunos de los casos que se mencionaron, si bien no establecen causalidad, establecen asociaciones significativas entre las herramientas TIC y el rendimiento escolar.

De otro lado, existe evidencia que muestra impactos nulos o negativos al esperado de las TIC sobre el rendimiento escolar. Por ejemplo, Angrist, J & Lavy, V (2002) evaluaron el programa *Tomorrow 98* en Israel. Gracias a este programa, las escuelas tuvieron acceso a equipos de cómputo a la vez que se brindaba capacitación a los profesores en el uso de estas herramientas. Los datos que usaron para la evaluación fueron unas pruebas de rendimiento en matemáticas y hebreo suministradas de forma aleatoria a colegios del país, para un total de 200 instituciones de las cuales 122 participaron en el programa. La estimación del efecto causal es realizada de dos formas: por mínimos cuadrados ordinarios y variables instrumentales. En ambos casos, encuentran que no existen efectos estadísticamente significativos para las pruebas de hebreo y que existe un efecto negativo sobre los puntajes de matemáticas en cuarto grado.

De forma similar, el programa “Escuela 2.0” de España, iniciado en el 2009 y que tenía como propósito impulsar el manejo de nuevas tecnologías y acceso a las TIC a población estudiantil, fue evaluado por Prieto, C (2014). Valiéndose de información de PISA con el puntaje en el módulo de matemáticas, realiza una estimación de diferencias en diferencias para el periodo comprendido entre 2009 y 2012. Sus principales conclusiones señalan que tener acceso a computadores o tabletas tiene un impacto negativo y estadísticamente significativo sobre el puntaje en matemáticas. Este efecto se mantiene cuando se analiza el número de ordenadores por alumno y si el estudiante cuenta con equipo individual. Esos hallazgos se encuentran cuando las TIC’s son usadas como sustituto de los procesos tradicionales de enseñanza, pues podrían entorpecer el aprendizaje. El autor menciona que deben evaluarse en contextos donde se usan como material complementario para estimar su efecto.

En suma, los resultados de la evidencia internacional muestran que, si bien las herramientas de aprendizaje pueden llegar a ser efectivas y aumentar el rendimiento escolar, en algunos casos puede traer efectos adversos si no se tienen en cuenta procesos complementarios acompañados a la entrega de dispositivos tecnológicos.

○ Evidencia nacional

En Colombia, existen principalmente dos ejercicios de estimaciones del efecto de las TIC sobre el aprendizaje estudiantil. El primero es el relacionado con las evaluaciones de impacto que han sido realizadas en el pasado de Computadores Para Educar y el segundo, un experimento de la Universidad del Norte. En el primer caso, existen 4 evaluaciones de impacto: la primera fue realizada por Osorio, F & Linden, L & Hernández, M en el 2008. En ese entonces, se aleatorizó la escogencia de una muestra de 100 colegios, de los cuales 50 eran beneficiarios del programa y 50 no. Debido a que fue una asignación aleatoria, la evaluación del programa

consistió en un modelo de mínimos cuadrados ordinarios, pues la diferencia de medias simples recuperaba un estimador causal del programa. Se encontró que los participantes en el programa tienen en un rendimiento mayor en las pruebas estandarizadas de 0.1 desviaciones estándar.

La segunda evaluación se lleva a cabo por parte de Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J en 2011. En esa ocasión, se tomaron diferentes variables de respuesta: las tasas de deserción, el acceso a la educación superior, así como los resultados de las pruebas de estado para medir el rendimiento escolar. Por medio de un modelo de variables instrumentales y de diferencias en diferencias, los autores estiman los efectos del programa para las variables independientes descritas. Los resultados muestran que el programa CPE reduce en 5.6 puntos porcentuales la probabilidad de desertar y aumenta en 0.49 desviaciones estándar el puntaje total en las pruebas ICFES, aunque con diferencias por núcleo de conocimiento. De manera particular, destaca que en el componente de matemáticas se encuentre un efecto nulo. Finalmente, el programa aumenta la probabilidad de ingresar a la educación superior en 12.6% para las sedes que llevan 8 años con CPE.

En esa misma línea, la tercera evaluación de impacto contó con un elemento adicional. La capacitación docente en este caso fue el centro del estudio. A través de un modelo de variables instrumentales y de diferencias en diferencias, estiman el efecto de haber recibido la estrategia de desarrollo profesional para profesores (DP) sobre las principales variables de interés estudiadas en el 2011, a saber: deserción, rendimiento escolar y repitencia. Los resultados concluyen que el DP tiene un efecto de disminución en la deserción escolar de 4.3% al igual que en la tasa de repitencia de 3.6%. Así mismo, resaltan el efecto sobre las pruebas de estado aumenta en 0.25 desviaciones estándar y el ingreso a la educación superior aumenta en 7.5pp por encima de los establecimientos que no tienen el programa.

De la misma forma, la más reciente evaluación es llevada a cabo por la Universidad Nacional en el 2018, en conjunto con GITEI. Esta evaluación tiene grandes similitudes con la evaluación del 2011 pues cuenta con las mismas variables de salida y la misma metodología, solo que para el periodo comprendido entre 2014 y 2018. Además, para evaluar la intensidad del tratamiento, se toman los elementos por estudiante y la cantidad de docentes capacitados por estudiante. Luego de las estimaciones, los autores encuentran que un aumento de 1 punto porcentual en la proporción de terminales por estudiante en el programa reduce la repitencia en 0.07 puntos porcentuales y aumenta en 0.13 puntos porcentuales el acceso a educación superior. Por otra parte, encuentran un aumento en el logro de las pruebas saber 11 de 0.00028 desviaciones estándar. En suma, las evaluaciones existentes de CPE sugieren que logra aumentar el desempeño de los estudiantes y su ingreso a la educación superior, así como reducir la deserción escolar.

Para el segundo caso, se encuentra un trabajo realizado por Córdoba, F. & Herrera, H.(2013). A través de un experimento aleatorio aplicado a 2 colegios con características similares en Medellín y Duitama, deciden incorporar un programa de objetivos de aprendizaje (OA) al primer colegio, dejando al segundo como grupo de control. Esos OA son soluciones a los desafíos en el manejo de herramientas tecnológicas brindadas a profesores y estudiantes para facilitar su uso en las aulas de clase. Así, los OA incluyeron material DVD de apoyo pedagógico tanto para docentes como estudiantes. La muestra contó con un total de 261 estudiantes, de los cuales 133 corresponden al grupo de tratamiento. Para evaluar la evolución de los colegios, se aplicaron varias pruebas que medían el rendimiento de sus estudiantes. A partir de la diferencia de medias, los resultados

muestran que la presencia de objetivos de aprendizaje por sí mismos no generan una mejora en el desempeño de matemáticas y que se requiere de acompañamiento continuo para reforzar los procesos de aprendizaje. Aun con estos resultados, vale la pena señalar que la aleatorización solo contó con esas dos instituciones, por lo que su validez interna y externa pudiera ser limitada.

El aporte de esta investigación consiste en estimar el efecto que el programa pudo haber tenido en pandemia, momento en el cual el manejo de herramientas tecnológicas favoreció el aprendizaje en la virtualidad. Con eso, es de esperarse que su uso haya ayudado a sortear los confinamientos de mejor manera a los estudiantes que se vieron beneficiados por su disponibilidad gracias a las entregas del programa y al continuo aprendizaje por la exposición al mismo.

Computadores Para Educar (CPE) - Descripción del programa

CPE ha hecho un esfuerzo por incentivar el acceso, uso y apropiación de la tecnología en los colegios públicos del país. El programa nace en el 2000 bajo el CONPES 3072 que dio lineamientos a las entidades responsables de su implementación y estableció como propósito central cerrar las brechas de acceso a herramientas tecnológicas por parte de los colegios públicos del país. Su programa consta de 3 módulos, los cuales están enfocados en:

- 1.** Mejorar las condiciones de acceso a las TIC por parte de las comunidades educativas del país, mediante la entrega de equipos a docentes y estudiantes.
- 2.** Formar y acompañar a los docentes del país para aumentar sus competencias en el uso práctico de las TIC
- 3.** Reciclaje y aprovechamiento de residuo electrónicos obsoletos.

A través de las autoridades territoriales, se genera el enlace entre el programa y los colegios focalizados. Una vez CPE tiene contacto con las secretarías de educación, pone en marcha sus 3 pilares propendiendo el acceso y apropiación de las TIC. En el caso de la entrega de los equipos, CPE evalúa las necesidades de la sede educativa y hace entrega de los dispositivos TIC. Además, se tienen en cuenta algunos requisitos mínimos para el suministro de los terminales; contar con aulas específicas de aprendizaje, seguridad para su almacenamiento y cuidado son algunos de ellos. El programa pretende asegurar que el aula de tecnología de cada colegio tenga una cobertura mínima de 2 alumnos por solución tecnológica y 4 horas semanales de acceso por estudiante. Esta relación no implica que exista un dispositivo por cada 2 estudiantes en el colegio, sino que, al momento de acudir al aula, el curso asistente cumpla esa regla.

El acompañamiento en esa primera etapa consiste en la entrega e instalación de los equipos en las aulas de clase, junto con instrucciones de su cuidado, además de presentar la oferta de módulos virtuales que habilita la página web de CPE y les permite a los estudiantes explorar y reforzar su aprendizaje mediante contenido lúdico e interactivo. Así mismo, todos los equipos otorgados por el programa integran contenidos precargados que no requieren conexión a internet.

Por otra parte, la formación docente busca el máximo aprovechamiento posible de los terminales suministrados a las sedes educativas mediante su adecuado uso en entornos de aprendizaje. En este pilar, son los profesores quienes optan y se inscriben voluntariamente a las capacitaciones brindadas por el programa, en las cuales se fortalece su conocimiento en el manejo de los dispositivos y herramientas informáticas que facilitan el proceso pedagógico y educativo.

Hasta el 2018, la focalización estuvo a cargo de CPE de forma directa; desde entonces, se ha venido haciendo en conjunto con el Ministerio de las TIC (MinTIC) y el Ministerio de Educación Nacional (MEN). Algunas novedades resultantes del trabajo conjunto entre MinTIC y MEN, fue la definición de nuevos criterios de focalización para dar respuesta a la contingencia nacional por COVID-19. El nuevo modelo tiene en cuenta:

- a) Estudiantes de grado 10 y 11 que pertenecen a los estratos 1 y 2 de acuerdo con el reporte del SIMAT del MEN
- b) Estudiantes de establecimientos educativos que cuentan con el desarrollo de currículos en Programación Talento Digital e Industrias culturales y TI.
- c) Estudiantes con doble titulación en convenio con el SENA.
- d) Establecimientos clasificados en categorías C y D en las pruebas Saber (incluyendo departamentos de mayor vulnerabilidad socioeconómica)
- e) Establecimientos de media técnica en zonas PDET

En esa línea, se definieron 3 etapas para la selección de las sedes beneficiadas. La primera de ellas consiste en la distribución del número de equipos disponibles considerando todos los departamentos y capitales, manteniendo la relación de estudiantes por equipo y contando con los dispositivos funcionales con los que cuenta cada sede. En la segunda etapa, se preseleccionan aquellas sedes que no fueron beneficiadas en el 2019 así como aquellas que según su relación de equipos per cápita se encuentre en una mayor necesidad de equipos. A su vez, en esta etapa se tienen en cuenta 5 criterios¹ que se ponderan según la importancia que CPE le brinda a cada uno. A saber: el número de estudiantes (si es mayor a 300 recibirá un 20%, sino un puntaje proporcional al número de estudiantes), ubicación rural 20% (urbanas 10%), categoría del municipio (4,5 y 6 reciben 20%, 1, 2 y 3 se les otorga 10% y a municipios de categoría especial un 5%), sedes ubicadas en municipios con un 70% de establecimientos de bajo logro educativo reciben 20% o 0% de lo contrario y sede con etnoeducación recibe 20% o 0% de lo contrario. Esos puntajes se suman y se logra establecer una lista de focalización. Finalmente, la tercera etapa consiste en la ratificación de las sedes que se van a beneficiar, de manera que se constata con las entidades territoriales y MinTIC que los colegios no han cerrado o cuentan con más equipos funcionales que los registrados en la base de datos del programa.

Así, una vez declarada la pandemia del Covid-19, en los años 2020 y 2021, el programa CPE ajustó su implementación en el tipo de dispositivo suministrado, lo que los llevó a dar portátiles en vez de PC's y así facilitar en muchos casos que los dispositivos fueran prestados a los estudiantes. Independientemente de que las sedes educativas contaran con equipos de escritorio, el programa procuró la focalización siguiendo los criterios anteriormente descritos. En ese sentido, CPE hizo explícito por cuenta propia o a través de las secretarías de educación que en lo posible los equipos fueran concedidos a los estudiantes. No obstante, el

¹ Debido a que no es posible acceder a datos de identificación de algunos de los criterios, las sedes que integran el grupo de control no pueden asignarse por medio de esos ítems.

préstamo final dependía exclusivamente de cada sede educativa quien, con base en las necesidades de sus estudiantes, decidía si los otorgaba o no.

De otro lado, las capacitaciones docentes en el manejo de las TIC también se dieron de forma remota, por lo que los profesores y colaboradores de las diferentes sedes educativas recibieron dicha formación a través de aulas virtuales y contenido digital.

Datos

Las bases de datos empleadas en la presente investigación contemplan dos fuentes principales. Por un lado, los datos del programa Computadores Para Educar (CPE) donde se encuentra la información por institución educativa de los computadores y tabletas entregadas u otro tipo de elemento con el que dotan los colegios como teclados y pc's de escritorio, junto con el número de profesores capacitados. Esta información está disponible con periodicidad anual desde el año 2010 a 2021. En el caso de docentes, se encuentra el número de cédula, nombre del docente, municipio e institución a la que pertenece. Esa información se encuentra disponible desde el 2015, debido a que previamente estas capacitaciones se daban a nivel de municipio.

Por otra parte, se encuentra la información del ICFES, Saber 11. Se cuenta con una base a nivel de estudiante desde el 2010 a 2021 con periodicidad anual, donde se encuentran los puntajes para el total de la prueba, así como por módulos (matemáticas, inglés, lenguaje, sociales) en conjunto con características socioeconómicas como el tamaño de la familia, nivel educativo de los padres, si el hogar tiene acceso a internet y computador, si el colegio está ubicado en zona rural o urbana, entre otros.

Integración de las bases

La integración de las bases de datos inicia con la unión de las pruebas Saber 11. Debido a que la unidad de observación de interés es la sede educativa, esta información se sintetiza como el promedio de las sedes. Es decir, se calcula el puntaje de la sede como un promedio aritmético para el total de la prueba y por módulos, así como proporciones de las características descritas con anterioridad (i.e. porcentaje de mujeres, porcentaje de colegios rurales, etc.). Justo después de tener una unidad de observación rastreable a través del tiempo, se unen con los años subsiguientes a través del código de identificación del DANE. De forma análoga, se realiza la integración con las bases del programa CPE. Las bases del programa contienen el mismo identificador del DANE y permiten la unión por sede y por tipo de elemento entregado a la sede educativa.

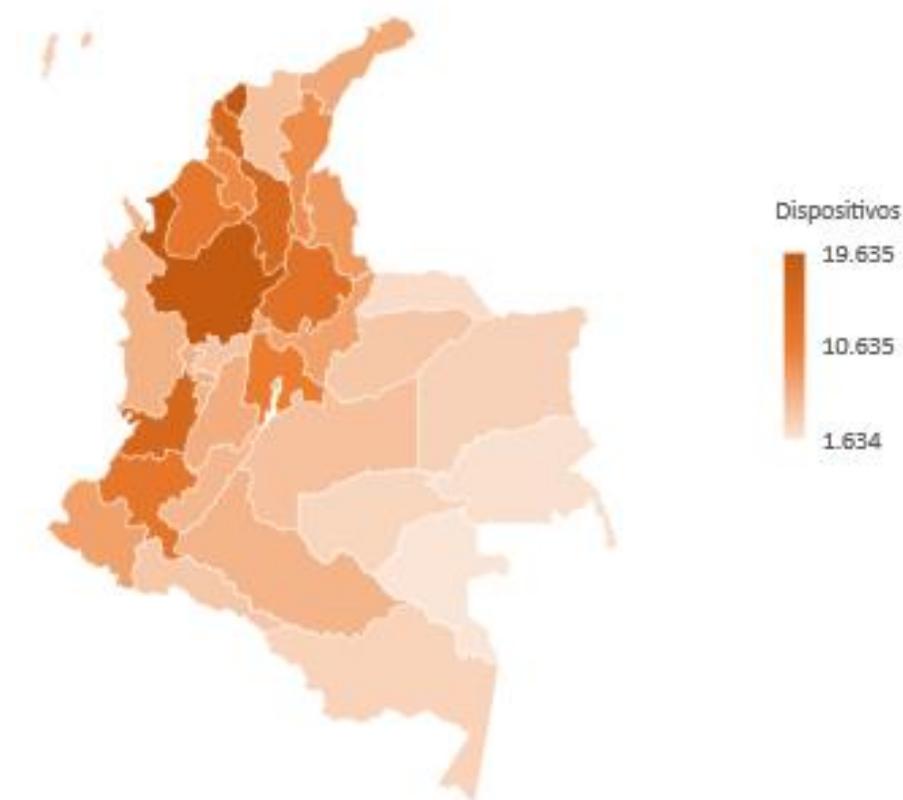
Estadísticas descriptivas

Tal como se observa en la tabla 1, el programa ha entregado diferentes elementos físicos a las instituciones y se ha intensificado con los años, más aún en la pandemia generada por el COVID-19 en cuanto a portátiles se

refiere. Eso lo constata el gráfico 4 que muestra los equipos suministrados en los años de la pandemia 2020 y 2021. Los departamentos que más recibieron equipos fueron Antioquia, Atlántico, Valle del Cauca y Bolívar. Por su parte, los que menos computadores recibieron en pandemia fueron Vaupés, Guainía, Arauca y Guaviare. Particularmente para Bogotá, la entrega de terminales fue menor porque la capital cuenta con mejor acceso a herramientas tecnológicas y bajo los criterios de focalización del programa no se suministran de manera mayoritaria en la ciudad. Como es habitual, la mayor parte de los equipos entregados se concentró en la zona Andina y Caribe del país, departamentos que albergan la mayor proporción de la población colombiana.

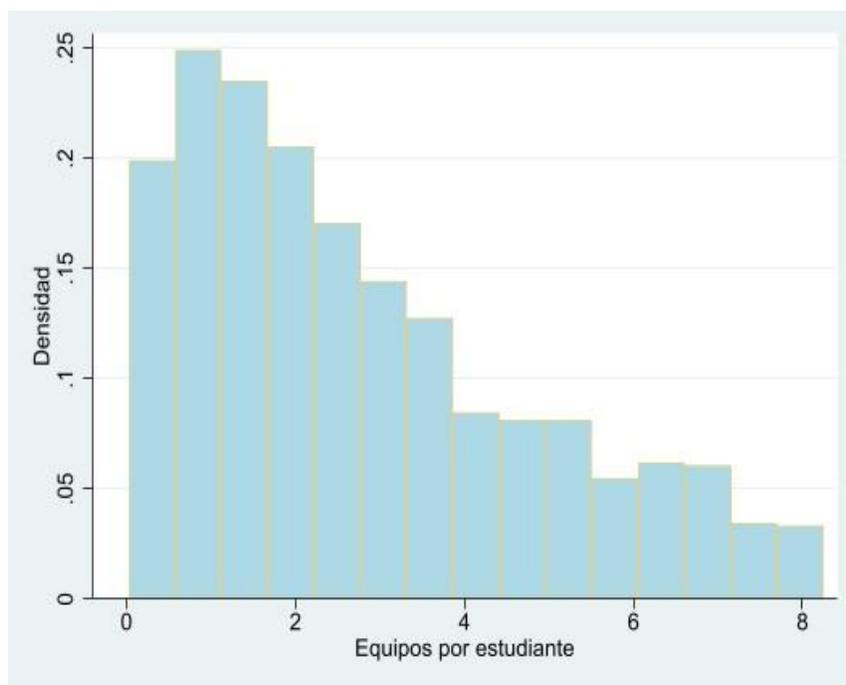
En el caso de los docentes capacitados, la información comprende el periodo 2015 a 2021, en el cual el programa ha brindado un total de 185.778 formaciones docentes y directivas en el manejo de las TIC. Se puede observar igualmente que el 2020 fue un año de un incremento considerable en las formaciones docentes con respecto a lo que se registraba en los 3 periodos previos, derivado de la necesidad de fortalecer el conocimiento en tiempos donde la virtualidad fue el único medio para continuar con el proceso de aprendizaje.

Gráfico 4. Total de dispositivos suministrados en periodo de pandemia 2020-2021



Fuente: Elaboración propia con base en CPE

Gráfico 5. Distribución de equipos acumulados por estudiante a 2021



Fuente: Elaboración propia con base en CPE

Tabla 1. equipos entregados entre 2010 y 2021 por tipo de elemento

Tipo de elemento	Año												TOTAL	
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021		
Equipo de escritorio Estudiante	59.568	18.927	10.012	12.919	3.802	560	1.868							107.656
Portátil Docente						32	15	36.707	2.173	6.800				45.727
Portátil Estudiante	819	63.083	95.765	227.655	149.695	111.845	13.007	64.451	21.268	21.480	94.424	145.931		1.009.423
Tableta											8.919			8.919
Tableta + Teclado											110			110
Tableta + Teclado (Biblioteca)									15					15
Tableta + Teclado (Docente)						44.715	64.920	11.150	765					121.550
Tableta + Teclado (Estudiante)									330					330
Tableta Docente								8	5.711	2.809				8.528
Tableta Estudiante			40.410	21.660	137.800	459.124	179.195	48.114	128.414	1.735				1.016.452
Docentes capacitados						19.014	72.529	50.467	7.701	9.474	25.583	1.010		185.778
TOTAL	60.387	82.010	146.187	262.234	291.297	616.276	259.005	160.430	158.676	32.824	103.453	145.931		

Fuente: Elaboración propia con base en CPE

En lo relativo a las pruebas Saber 11, se dispone de esta información en el periodo comprendido entre 2010 y 2021, donde un promedio de 8.700 a 11.000 sedes educativas tomó las pruebas en el segundo semestre de cada uno de estos años (ver tabla 2 y anexo 2). El presente estudio usa únicamente las cohortes del calendario A ya que casi la totalidad de los colegios del calendario B son privados y por lo tanto no participan en el programa. Si bien la metodología que se emplea en la estimación permite la existencia de diferencias entre los grupos de estudio, es de esperarse que los colegios privados no constituyan un grupo de control adecuado pues hay diferentes variables no observadas que influyen en su desempeño (motivación de los padres, acceso a clases particulares, entre otros). Sobre esto se ampliará más adelante.

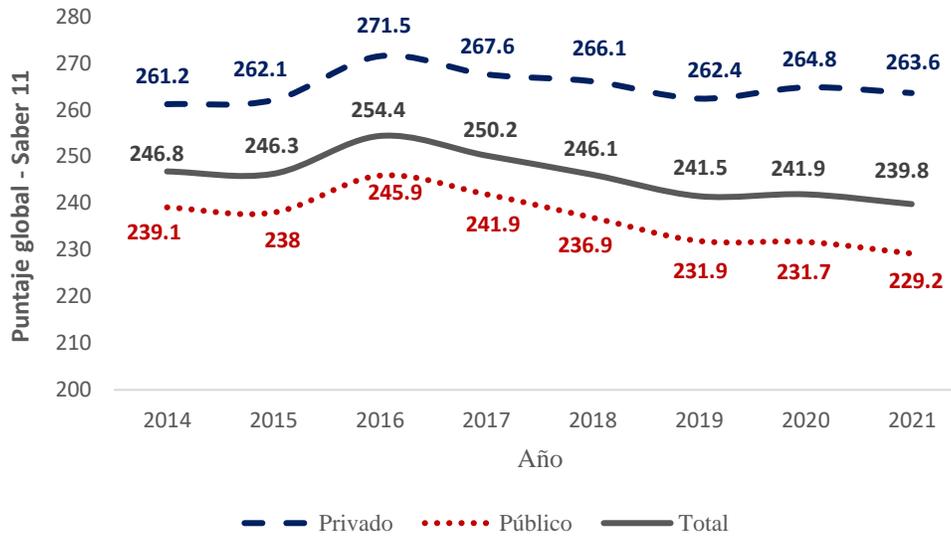
Tabla 2. Número de estudiantes y sedes Saber 11 (2010-2021)

	Número de estudiantes	Número de sedes		Proporción de sedes rurales	Proporción de sedes públicas
Año					
2010	540545	8795		26,4%	65,5%
2011	540707	9232		27,5%	64,8%
2012	550141	9513		28,7%	64,6%
2013	547528	9671		29,6%	65,0%
2014	544535	9754		30,5%	65,3%
2015	542450	9947		30,7%	65,5%
2016	548205	10007		31,3%	66,6%
2017	546261	10555		33,4%	74,8%
2018	579934	10670		33,8%	68,5%
2019	546212	10939		34,6%	68,6%
2020	504872	11039		35,4%	69,1%
2021	532979	11241		36,0%	69,3%

Fuente: Elaboración propia con base en Saber 11

De forma puntual, las pruebas Saber 11 en el 2020 fueron presentadas por menos estudiantes. Debido a la emergencia sanitaria, muchos alumnos a lo largo del país tuvieron dificultades para cumplir la cita de las pruebas de estado, lo que brinda señales de los impactos generados por el COVID-19. Eso se traduce en que cerca del 8% de estudiantes que solían presentar la prueba todos los años, no pudieran hacerlo en esta ocasión. Esa situación no tiene precedentes y no se registró en ningún momento desde que se tiene registro en el presente estudio. Esa afectación por la pandemia también se vio reflejada en los puntajes, no solo en el total sino también en la distribución de este. Si bien los colegios públicos se caracterizan por tener un menor puntaje en las pruebas de estado que los privados (gráfico 5, 7 y 9) y presentar una mayor dispersión, el 2020 fue un año en el que esas brechas se exacerbaban. En efecto, el puntaje promedio mínimo para las sedes públicas fue de tan solo 118, el menor del que se tenga registro con el rediseño del formulario en el 2014. (ver gráfico 7 y 8). Incluso para los colegios privados pasa lo mismo en 2021.

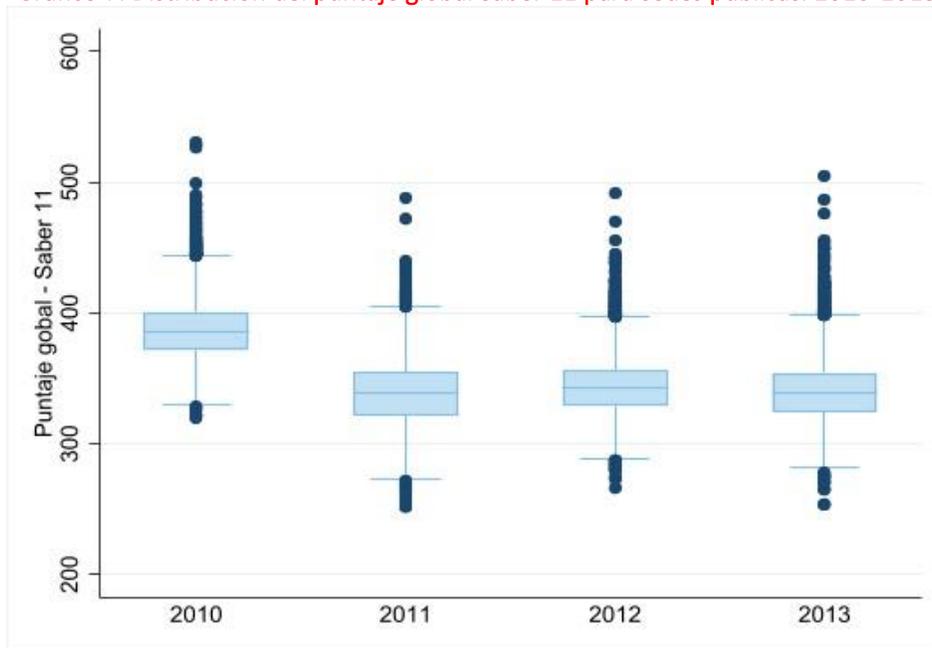
Gráfico 6. Puntaje promedio global de las sedes en pruebas Saber 11



Fuente: Elaboración propia a partir de ICFES – Saber 11

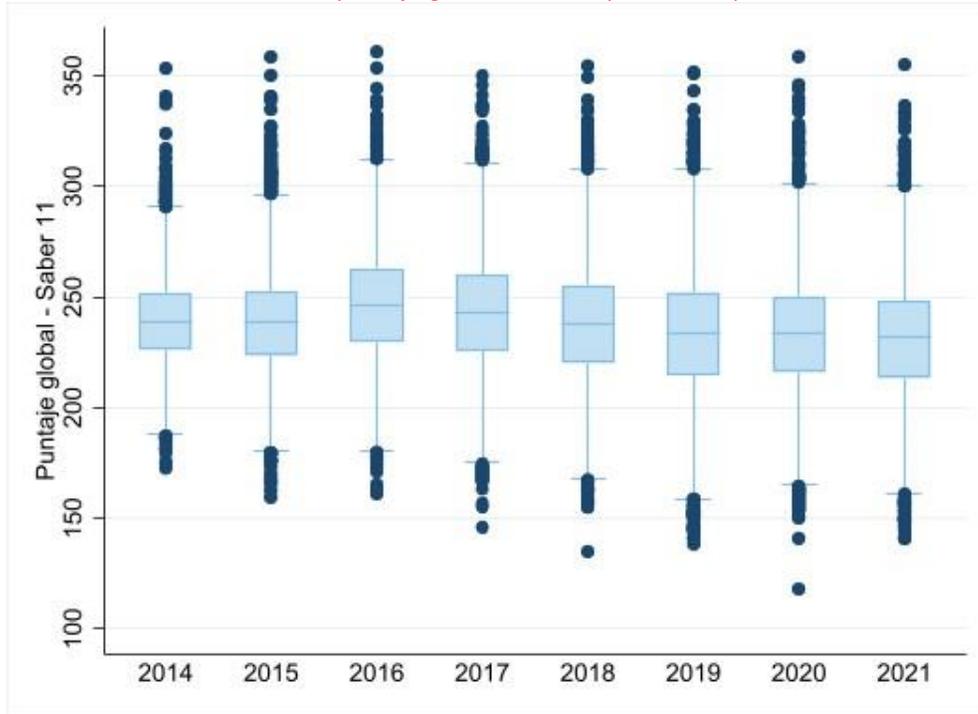
También vale la pena mencionar que el 2021 fue un año en que el efecto de la pandemia sobre el rendimiento escolar se agudizó, con base en los puntajes promedios nacionales. Eso sugiere que, a raíz de la duración de los cierres de las sedes educativas, las consecuencias fueron peores con el paso del tiempo.

Gráfico 7. Distribución del puntaje global Saber 11 para sedes públicas. 2010-2013



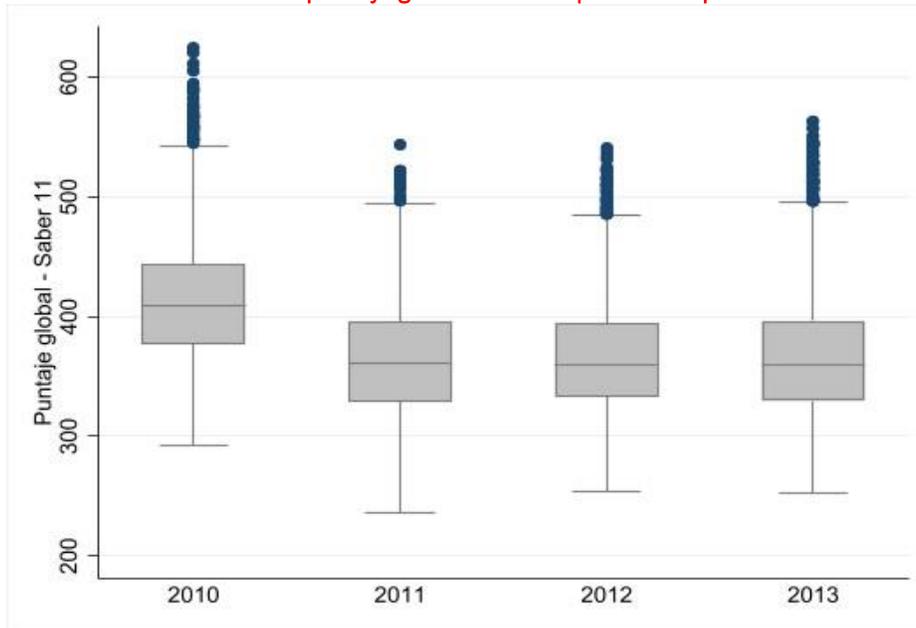
Fuente: Elaboración propia a partir de ICFES – Saber 11

Gráfico 8. Distribución del puntaje global Saber 11 para sedes públicas. 2014-2021



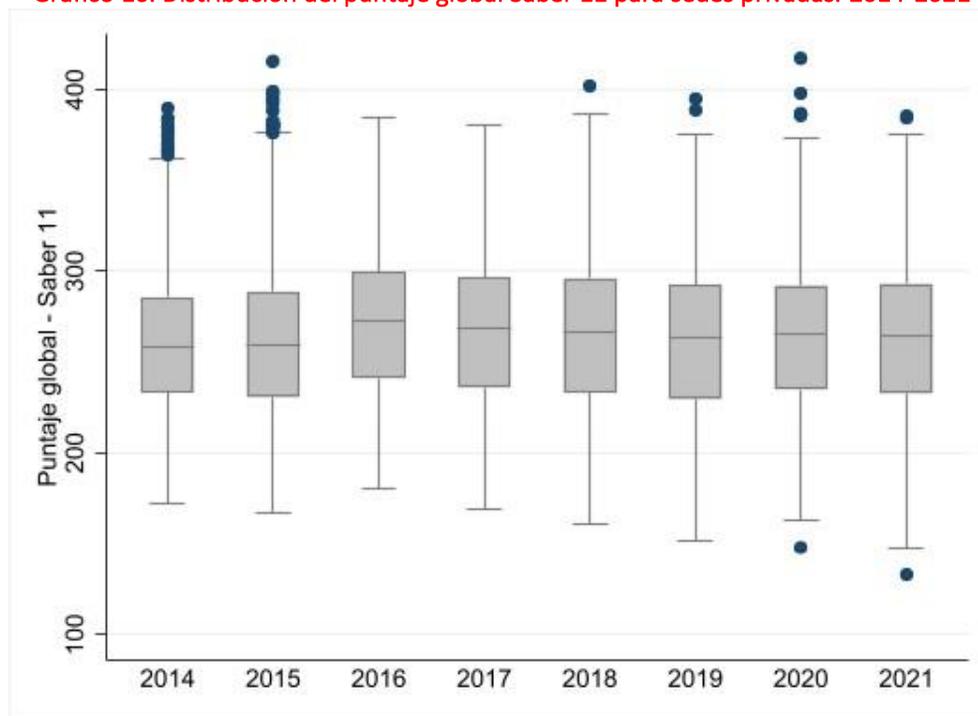
Fuente: Elaboración propia a partir de ICFES – Saber 11

Gráfico 9. Distribución del puntaje global Saber 11 para sedes privadas. 2010-2013



Fuente: Elaboración propia a partir de ICFES – Saber 11

Gráfico 10. Distribución del puntaje global Saber 11 para sedes privadas. 2014-2021



Fuente: Elaboración propia a partir de ICFES – Saber 11

Tabla 3. Tabla de balance para grupos de tratamiento y control en el periodo base a nivel de sede educativa. Coeficientes expresados en proporción.

		Control	Tratamiento	Diferencia
Observaciones		791	3,763	
Categorías asociadas a TIC	Internet	0,204 (0,009)	0,223 (0,004)	0,019* (0,01)
	Computador	0,321 (0,01)	0,340 (0,005)	0,019* (0,011)
Género	Mujer	0,536 (0,006)	0,529 (0,003)	0,007 (0,006)
Tipo de colegio y ubicación	Bilingüe	0,011 (0,004)	0,011 (0,002)	0,000 (0,005)
	Rural	0,383 (0,019)	0,491 (0,008)	0,109*** (0,022)
Estrato	1	0,591 (0,013)	0,579 (0,006)	0,012 (0,014)
	2	0,291	0,308	-0,017

		(0,01)	(0,005)	(0,011)
	3	0,093	0,092	0,001
		(0,006)	(0,003)	(0,007)
	4	0,010	0,007	0,003**
		(0,001)	(0,000)	(0,001)
	5	0,002	0,001	0,001**
		(0,000)	(0,000)	(0,000)
	6	0,000	0,000	0,000
		(0,000)	(0,000)	(0,000)
Educación de la madre	Ninguno	0,057	0,046	0,010***
		(0,008)	(0,004)	(0,004)
	Primaria	0,507	0,536	-0,029***
		(0,009)	(0,004)	(0,01)
	Secundaria	0,335	0,330	0,005
		(0,007)	(0,003)	(0,008)
	Técnico	0,036	0,033	0,003
		(0,002)	(0,000)	(0,002)
	Profesional	0,049	0,037	0,011***
	(0,003)	(0,003)	(0,003)	
	Ninguno	0,111	0,101	0,011**
		(0,005)	(0,002)	(0,005)
	Primaria	0,526	0,559	-0,034***
		(0,009)	(0,004)	(0,01)
Educación del padre	Secundaria	0,276	0,264	0,013*
		(0,007)	(0,003)	(0,007)
	Técnico	0,028	0,024	0,005**
		(0,002)	(0,000)	(0,002)
	Profesional	0,041	0,035	0,006**
	(0,003)	(0,009)	(0,002)	

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Errores estándar entre paréntesis.

Ahora bien, en línea de base (2010-2013), los grupos de tratamiento y control presentan algunas diferencias (ver tabla 3). En el caso de la tasa de colegios que en promedio dice tener internet y computador en el hogar, el grupo de sedes que se benefician de CPE registra una tasa levemente más alta que es estadísticamente significativa únicamente al 10%. En lo que se refiere a la proporción de mujeres en la sede, los grupos están balanceados. Por estratos, se observa una mayor proporción para los dos grupos en los estratos 1 y 2 que están igualmente balanceados a excepción del estrato 4 y 5 donde hay diferencias al 5% y el grupo de control registra tasas más altas.

En cuanto a la educación de los padres, los grupos muestran un mayor desbalance. En lo referente a la madre, el grupo de tratamiento tiene una mayor proporción de progenitoras con nulo nivel de educación y primaria que el grupo de control (significativo al 1%). En el rango más alto de nivel educativo, el grupo de control registra tasas promedio más altas en educación profesional y de posgrado que el grupo de sedes beneficiadas por CPE, también significativo al 1%. Por el lado del padre, todos los niveles educativos están desbalanceados entre los grupos, particularmente primaria y secundaria que registran las diferencias más grandes y en las cuales el grupo que no recibe beneficios del programa tiene una mayor proporción.

El desbalance encontrado en las características en línea de base brinda soporte a la idea de estimar el efecto del programa CPE mediante una metodología *cuasi experimental* que permita las diferencias preexistentes entre los grupos y que recupere un efecto causal teniendo en cuenta esas discrepancias. Eso, si se tiene en cuenta que la focalización del programa se da con base en las brechas tanto académicas como digitales que tienen los diferentes planteles educativos.

Metodología

Como se mencionó, el programa de computadores para educar (CPE) está enfocado en los colegios públicos del país y ha seguido algunos criterios para su focalización descritos anteriormente. Debido a que el programa no se asigna de forma aleatoria, no es posible estimar su efecto a través de un *experimento natural*. Dicho eso y con el fin de capturar la causalidad del programa sobre la variable de interés en el periodo comprendido entre 2020 y 2021, se empleará un modelo de diferencias en diferencias. Esta metodología cuasiexperimental es usada cuando en los grupos entre los cuales se pretender realizar inferencia causal se presentan diferencias en variables observables.

Si bien la metodología que se empleará para recuperar el efecto causal del programa permite la presencia de diferencias preexistentes entre los grupos, es necesario que sigan tendencias similares antes del tratamiento. Sin embargo, es probable que los colegios públicos y privados hayan evolucionado de forma distinta antes de la introducción del programa, y más aún en pandemia, ya que los colegios oficiales y no oficiales se vieron afectados de formas disímiles en medio de la emergencia sanitaria: la conectividad, motivación de los padres para coadyuvar con las obligaciones del colegio, contenidos impartidos, clases particulares, entre otros, fueron factores diferenciadores en el proceso de aprendizaje. Eso conlleva a afirmar que en ausencia del programa y en medio de los confinamientos, los colegios privados hubiesen tenido una dinámica diferente y por tanto no constituyan un buen contrafactual, razón por la cual se excluyen del estudio.

Como se mencionó, el principal supuesto del modelo sugiere que, en ausencia del programa, los grupos de tratamiento y control evolucionarán de la misma forma. No obstante, existe un desafío en este caso pues algunas sedes del grupo de tratamiento han estado recibiendo el programa desde años previos al periodo de interés. En esencia, existen cuatro grupos de sedes si se divide el panel de datos en 2: De 2010 hasta el 2013 y del 2014 al 2021. A saber:

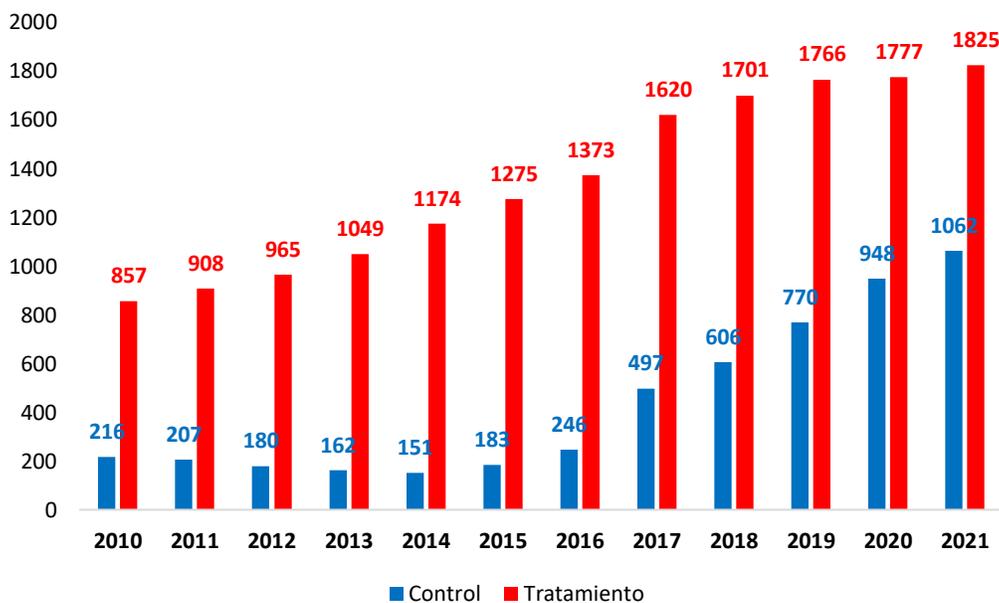
- Sedes que no son tratadas en ningún momento del panel

- Sedes no tratadas antes del 2014 y que son tratadas en algún momento luego de esa fecha
- Sedes tratadas antes del 2014 y que no son tratadas con posterioridad
- Sedes que son tratadas desde el 2010 hasta el 2021.

Esa división del panel se hace con base con dos propósitos: el primero, para tener un periodo pretratamiento suficiente y aproximarse al supuesto de tendencias paralelas y el segundo y más importante, porque es el periodo desde el cuál se espera que los equipos hayan sido concedidos a título de préstamo pues pueden todavía ser útiles en el proceso educativo.

Para escoger el mejor grupo de tratamiento y su contrafactual, se seleccionan el primer y segundo grupo. Esto, debido a que luego del 2014 las sedes no son directamente comparables. Si se parte de los resultados hallados por Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011) y la Universidad Nacional (2018), es de esperarse que el programa tenga un efecto positivo y por consiguiente sus trayectorias sean diferentes a través del tiempo.

Gráfico 11. Sedes que cumplen con las condiciones del modelo dinámico



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Como puede observarse el grupo de datos constituye un panel no balanceado. Es decir, que el número de observaciones por grupo y año no es constante. De manera general, eso sucede porque para unos años algunas sedes educativas presentan la prueba y otros no, debido al tamaño de la institución y número de estudiantes que cursan el último grado en ese periodo. Esa es la razón por la que el tamaño de los grupos varía a través del tiempo.

Bajo las premisas anteriormente descritas, desde el 2010 al 2013 puede brindarse una aproximación gráfica y empírica al cumplimiento del supuesto al mismo tiempo que se estima el efecto del programa en pandemia. Para eso, se estimará un modelo de la forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \phi_t + \eta_i + \sum_{j=T_0}^{-4} \beta_j D_i + \sum_{j=T_0}^7 \beta_j D_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

Donde y_{it} es el puntaje promedio en desviaciones estándar del colegio i en el año t . Debido a que las pruebas Saber 11 tuvieron un rediseño desde el 2014 no son comparables de forma directa. Antes de ese año la prueba incluía módulos que hoy por hoy no son evaluados. Para unificar la unidad de medida y hacer comparable las pruebas antes y después del 2014 se opta por la normalización del puntaje. Para ello, se tiene que:

$$\text{Puntaje estandarizado}_{it} = \frac{\text{puntaje}_{it} - \mu_t}{\sigma_t}$$

Donde i indexa la sede educativa en el año t . μ_t es la media del puntaje en el año t y σ_t su desviación estándar. De esta manera, se construye un puntaje que no depende del diseño de cada prueba, sino relativamente de su distribución. Esta transformación se hace para el puntaje global y por módulos con el propósito de aproximarse a su evolución no condicional en el tiempo.

Así mismo, se tienen en cuenta los efectos fijos de sede η_i y tiempo ϕ_t , con errores agrupados igualmente por establecimiento ε_{it} . La variable D_i es una dummy que toma el valor de 1 si la sede hace parte del grupo de tratamiento y 0 si no. Con esta estimación, se incluyen los 7 lags, que representa los efectos post-tratamiento y 4 leads que corresponde a los anticipatorios que muestra el efecto sobre las unidades que son tratadas, j periodos antes de serlo. Con ello, se busca que los β_j asociados a los efectos anticipatorios no predigan el valor de y_{it} , lo que es equivalente a no encontrar efectos sobre las unidades tratadas antes de que la política se llevara a cabo. Este modelo sugiere que las causas son anteriores a las consecuencias; en otras palabras, que previo al periodo de tratamiento las diferencias entre los grupos deben ser constantes.

La estimación se hará en el periodo comprendido por el panel (2010 a 2021) y se toman los grupos tratados desde 2014. Se parte de la premisa de que este periodo comprende una ventana de tiempo suficiente para contar con equipos disponibles para préstamos. Se espera que, si la sede se vio beneficiada desde el 2014, aun pueda contar con los equipos que ha recibido por parte del programa desde ese entonces a la fecha. Pese a que CPE procura realizar la retoma (reciclaje) de dispositivos obsoletos cada 4 años aproximadamente, también es cierto que muchos de esos equipos aún son usados por las sedes educativas, incluso después de ese periodo de tiempo. Con ello, es razonable argumentar que equipos suministrados desde el 2014 aun fungieran como material de ayuda para los estudiantes durante la pandemia.

Corrección por selección negativa

Debido a que el programa tiene efectos sobre deserción, tal como lo muestran Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011), es plausible que sin la existencia de CPE los estudiantes de menores puntajes hubieran desertado de sus colegios y no hubiesen presentado las pruebas de estado. Por esa razón, al incluir esos puntajes, el estimador del programa estará sesgado hacia abajo, razón por la cual es necesario corregir por eso. Para solucionar ese problema y siguiendo los resultados de Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011), se

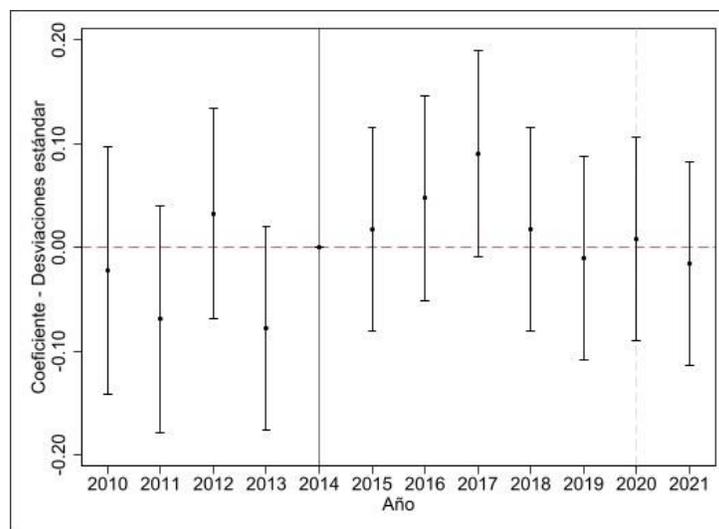
eliminan los puntajes menores al percentil 5 para aquellas sedes que tuvieron 1 año de beneficio y menores al percentil 6 para las que tuvieron 2 o más años.

Resultados

De acuerdo con el gráfico 12, previo al periodo en que el grupo de tratamiento empieza a tener exposición al programa, las diferencias en los resultados de las pruebas no son significativas, lo que indica que el programa no se llevó a cabo ante de ese periodo. Eso brinda evidencia estadística a favor del cumplimiento del supuesto de tendencias paralelas. Luego de ese momento, si bien se observa una relación levemente creciente en los primeros 3 años post tratamiento, solo se encuentra un efecto positivo y estadísticamente significativo en el 2017 para los colegios que participan de CPE.

En particular para los años de interés, 2020 y 2021, periodo que todavía contaba con restricciones en el sector educación, el programa no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre el puntaje global. Se observa una leve relación decreciente en el coeficiente del año 2021, sin que sea robusta estadísticamente. Eso muestra que el programa no mitigó la reducción en los puntajes de la prueba derivados de los cierres de las sedes educativas.

Gráfico 12: Modelo dinámico - Efecto del programa sobre el puntaje global Saber 11.



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Tabla 4. Coeficientes asociados a las interacciones por año del puntaje global Saber 11
Resultados en desviaciones estándar

Año	Coeficiente	Errores estándares*
2010	-0.022	0.061
2011	-0.069	0.056
2012	0.033	0.051
2013	-0.078	0.050
2014	-	-
2015	0.017	0.050
2016	0.048	0.051
2017	0.090*	0.051
2018	0.018	0.050
2019	-0.010	0.050
2020	0.0078	0.050
2021	-0.0155	0.049
Constante	-0.148***	0.0284

Observaciones 20.944

* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Errores estándar robustos

Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

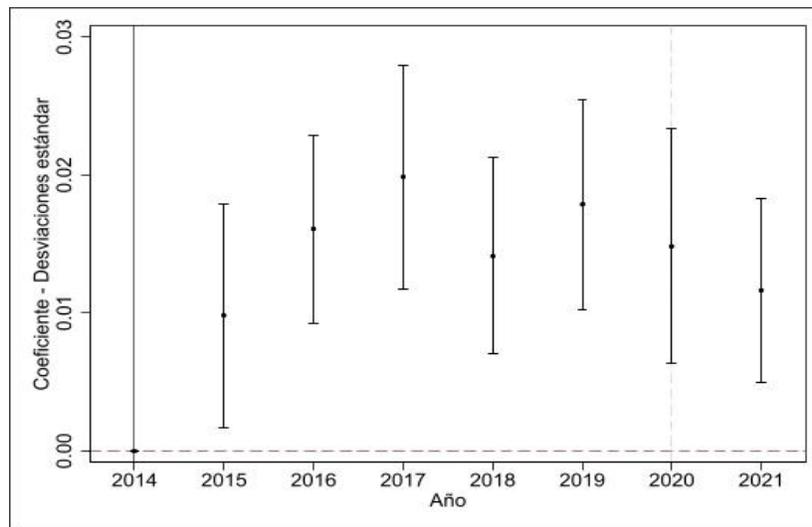
Esos resultados mantienen su consistencia por módulo de conocimiento. Ninguna de las áreas de conocimiento registra efectos estadísticamente significativos en los años afectados por la pandemia (ver anexos 3 a 6).

Por otro lado, y cómo se mencionó, el programa CPE entrega distintos elementos a los colegios. Si bien el programa busca entregar un mínimo de elementos por estudiante, esa relación difiere entre sedes. Algunos colegios pueden recibir 5 computadores mientras otros reciben 50. Eso implica que el programa puede tener una mayor o menor presencia en las sedes educativas. Por esa razón y con el fin de capturar diferencias en la intensidad del tratamiento, se propone igualmente un modelo de la forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \phi_t + \eta_i + \sum_{j=T_0}^7 \beta_j D_i Equipo + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

Este modelo incluye una interacción adicional con la variable *Equipo* que representa el número de elementos acumulados brutos y por estudiante de la sede *i* en el momento *t*. Esta interacción permite identificar el valor marginal que aporta una mejora en el ratio estudiante-equipos sobre el rendimiento escolar, emulando la intensidad del tratamiento.

Gráfico 13: Estimación de equipos por estudiante acumulado sobre puntaje global Saber11.



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Tal como se consigna en el gráfico 13, se encuentra que existe un efecto positivo y significativo si se tiene en cuenta la relación de equipos por estudiantes para el periodo de interés. En efecto, un aumento de una décima en la relación estudiante-dispositivo (Tablet o portátil) está relacionado con un incremento adicional de 0,013 desviaciones estándar para 2020 y 0,010 para 2021. Si bien el aporte es pequeño, debe tenerse en cuenta que ese efecto es marginal y relativo al número de equipos y estudiantes con los que cuenta la sede en el momento *t*.

Tabla 5. Coeficientes asociados a las interacciones por año del aumento marginal en la relación de dispositivos - puntaje global Saber 11 - Resultados en desviaciones estándar

Año	Coeficiente	Errores estándares
2014	-	-
2015	0.009***	0.004
2016	0.016***	0.003
2017	0.020***	0.004
2018	0.014***	0.004
2019	0.018***	0.004
2020	0.015***	0.004
2021	0.012***	0.003
Constante	-0.221***	0.005
Observaciones 16.430		
* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Errores estándar robustos		

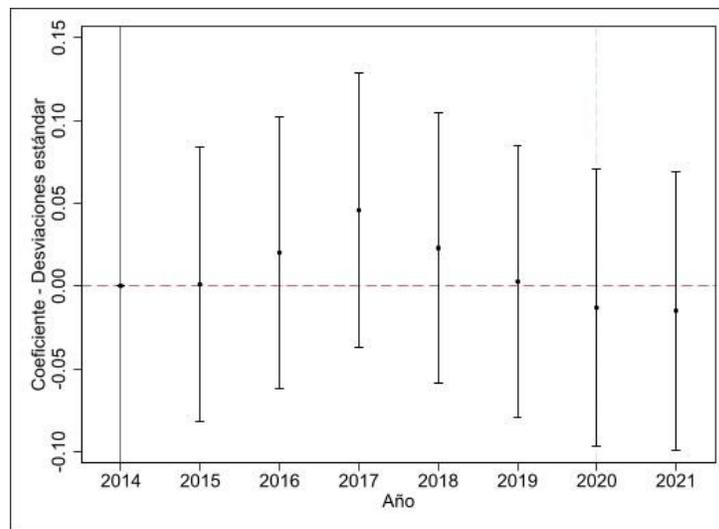
Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Por otro lado, y como se mencionó, el programa también brinda capacitación docente en las cuales los profesores se inscriben voluntariamente y aprenden sobre el manejo de las TIC. En ese sentido, es posible estimar el efecto de las sedes que se vieron beneficiadas por el programa y además tuvieron capacitación docente por parte de CPE. Eso, partiendo de los resultados encontrados por Prieto (2014) donde menciona los posibles efectos adversos de haber entregado equipos sin ningún conocimiento asociado. Así, se estima un nuevo modelo que tiene en cuenta esas dos características:

$$y_{it} = \beta_0 + \phi_t + \eta_i + \sum_{j=T_0}^7 \beta_j D_i * profesor + \varepsilon_{it}$$

La nueva interacción entre el tratamiento y si tuvo o no profesores capacitados captura el efecto de interés y permite cuantificar si los profesores capacitados tuvieron algún efecto sobre el puntaje de las pruebas de estado.

Gráfico 14: Estimación de haber participado en el programa con docentes capacitados sobre el puntaje global Saber 11.



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

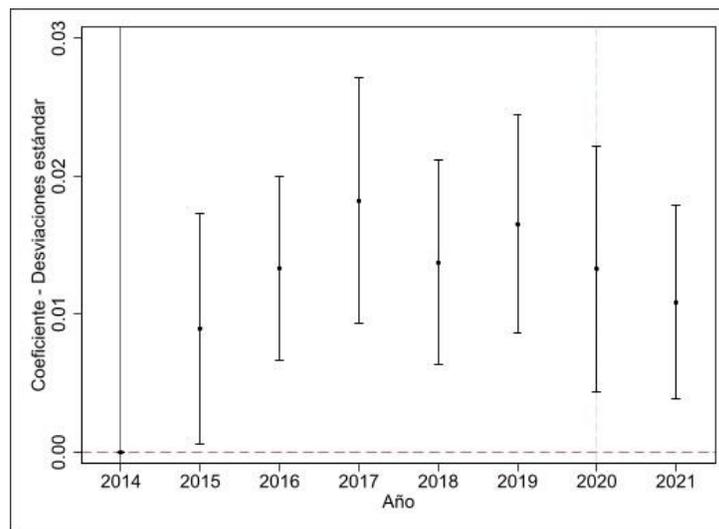
Tal como sucede con la participación en el programa, no es posible inferir que esta nueva interacción tenga algún efecto sobre el puntaje promedio global de las sedes beneficiadas. Sin embargo, no sucede así cuando se estima la intensidad del tratamiento (equipos por estudiante). Se encuentra un efecto positivo en todos los años después del 2015 y que, si bien se reduce en el 2020 y 2021, sigue siendo significativo con una magnitud de 0.013 desviaciones para el primer año y de 0.010 para el segundo (gráfica 15).

Tabla 6. Coeficientes asociados a las interacciones por año y docentes capacitados del puntaje global Saber 11
Resultados en desviaciones estándar

Año	Coefficiente	Errores estándares
2014	-	-
2015	0.009	0.042
2016	0.020	0.042
2017	0.046	0.042
2018	0.023	0.042
2019	0.003	0.042
2020	-0.013	0.043
2021	-0.015	0.043
Constante	-0.195***	0.193
Observaciones 16.430		
* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Errores estándar robustos		

Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Gráfico 15: Estimación de equipos por estudiante con docentes capacitados sobre el puntaje global Saber 11.



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Tabla 7. Coeficientes asociados a las interacciones por año y profesores capacitados del aumento marginal en la relación de dispositivos - puntaje global Saber 11
Resultados en desviaciones estándar

Año	Coefficiente	Errores estándares
2014	-	-
2015	0.009***	0.004
2016	0.013***	0.003
2017	0.018***	0.005
2018	0.014***	0.004
2019	0.017***	0.005
2020	0.013***	0.005
2021	0.010***	0.003
Constante	-0.213***	0.004
Observaciones 16.430		
* p < 0.10, ** p < 0.05, *** p < 0.01. Errores estándar robustos		

Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Pruebas de robustez

Finalmente, escoger el 2014 como punto inicial para el modelo principal puede ser debatible si se considera que las unidades recibieron el tratamiento antes de ese periodo. Si bien esa premisa se establece teniendo en cuenta el tiempo de obsolescencia de los equipos, puede que algunos de ellos estuvieran o no disponibles en el momento en que llegaron los confinamientos al país. Por esa razón, se realizan estimaciones cambiando los años de partida de inicio del programa (2013 y 2015) y se estiman los efectos del programa. Los resultados indican que la especificación es robusta a ese cambio en el periodo y no se encuentra un efecto sobre las unidades que participan en el programa ($D_i=1$, gráficos 16 y 18), pero si cuando se mide la intensidad del tratamiento (Gráfico 17 y 20) al igual que el modelo principal.

Gráfico 16. Estimación por participación en el programa. 2013

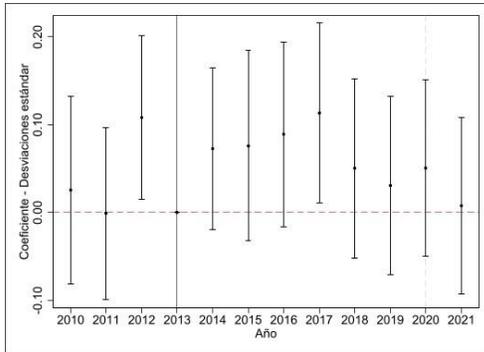


Gráfico 17. Estimación de equipos por estudiante. 2013

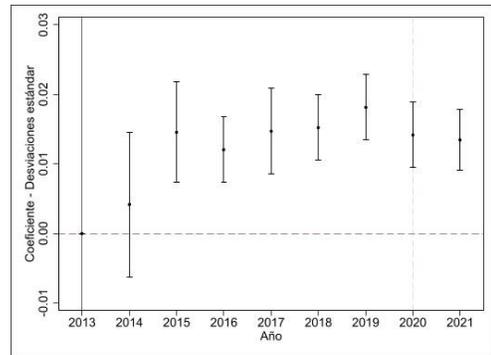


Gráfico 18. Estimación por participación en el programa. 2015

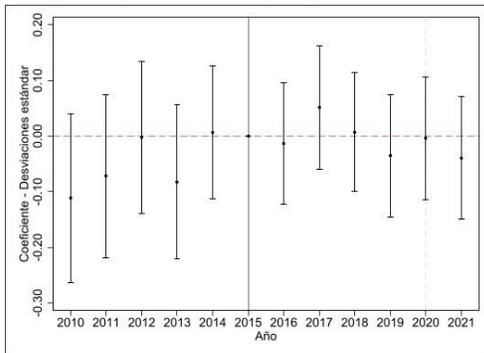


Gráfico 19. Estimación por participación en el programa y docentes capacitados. 2015

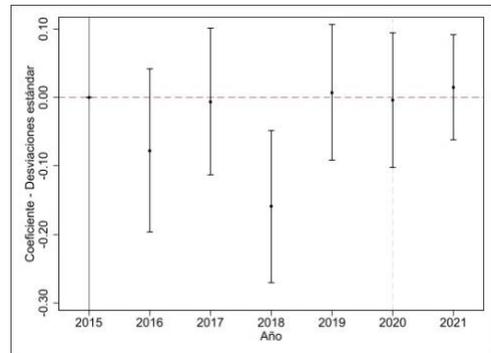


Gráfico 20. Estimación de equipos por estudiante.2015

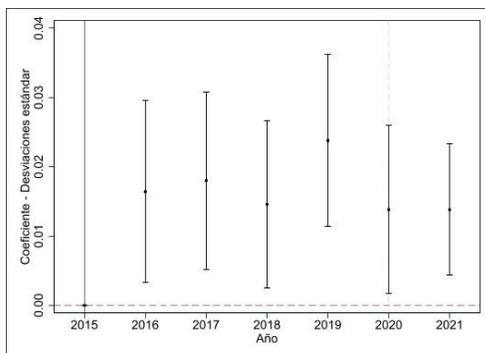
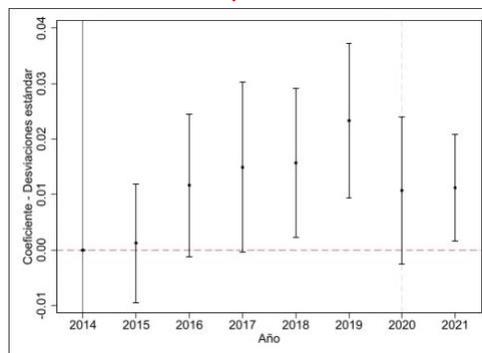


Gráfico 21. Estimación de equipos por estudiante y docentes capacitados. 2015



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

De la misma manera, se incluye una nueva interacción de los equipos por estudiante y los profesores capacitados:

$$y_{it} = \beta_0 + \phi_t + \eta_i + \sum_{j=T_0}^7 \beta_j D_i * Equipo * profesor + \varepsilon_{it}$$

El efecto es positivo y creciente en la mayoría de los casos, tal como el modelo principal. En suma, los resultados obtenidos brindan evidencia de que el programa CPE ha tenido un efecto en el rendimiento escolar desde el 2015 hasta el 2021, aunque se redujo de forma sostenida desde el 2019. De manera puntual, el efecto es de 0,013 DE para 2020 y 0,010 para 2021, si se tiene en cuenta la relación equipo/estudiante y si ha recibido capacitación docente.

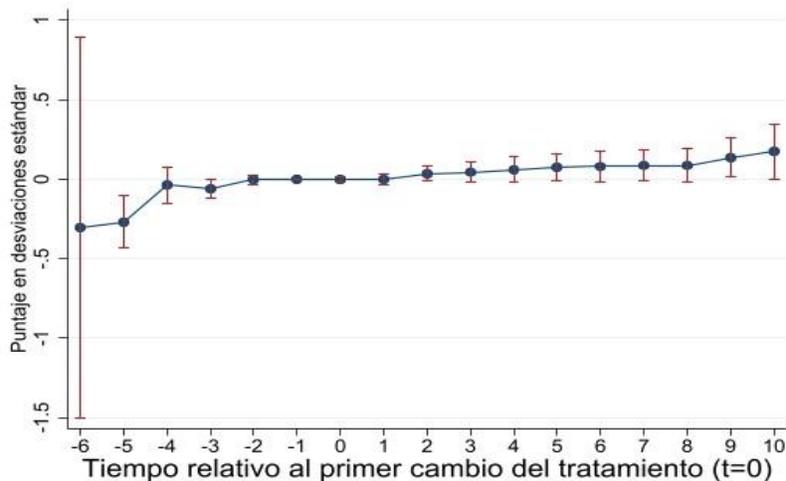
Staggered treatment

Debido a que las unidades (sedes) son tratadas en diferentes momentos del tiempo, el estimador del modelo “clásico” puede no capturar el efecto total del programa. Por esa razón, se propone una nueva estimación de diferencias en diferencias mediante la metodología desarrollada por Chaisemartin and D’Haultfœuille (2021). Esa técnica permite recuperar el efecto causal del programa tomando como periodo inicial el momento en el cual el tratamiento cambia por primera vez (i.e estudio de eventos). En esta metodología, los errores son calculados a través de la metodología de bootstrapping. De esa manera, se puede aprovechar todo el panel de datos y estima el efecto independientemente del año en que cada sede recibió el programa:

$$DID_{g,t} = Y_{F_g+\gamma} - Y_{F_g-1} - \frac{1}{N_{g',\gamma}} * \sum_{F_{g'} > F_g+\gamma} (Y_{F_{g'}+\gamma} - Y_{F_{g'}-1})$$

El estimador resultante toma las unidades que aún no han sido tratadas en el periodo γ y las usa como contrafactual. $Y_{F_g+\gamma}$ corresponde al efecto sobre el puntaje global para las unidades tratadas y $N_{g',\gamma}$ al número de sedes que no han sido tratadas aún.

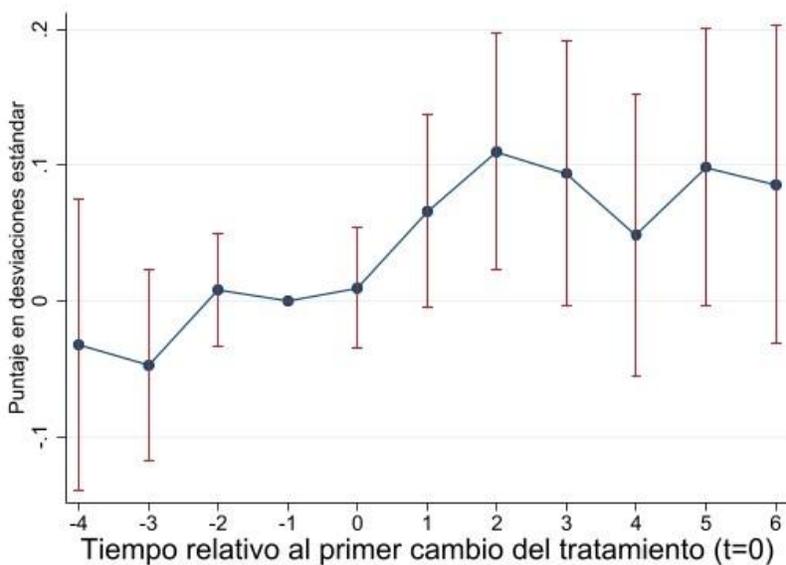
Gráfico 22: Estimación del efecto del programa una vez cambia el tratamiento por primera vez (t=0). Puntaje global. Resultados en Desviaciones estándar



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Tal como puede observarse, si se toman todas las unidades que pudieron haber sido tratadas en cualquier año desde el 2011 al 2021, se encuentra un efecto positivo 9 años después de que sucedió el tratamiento. Eso es, para los grupos que fueron tratados en 2011 y 2012 hubo un efecto positivo de 0.14 DE en los años de pandemia.

Gráfico 23: Estimación de la relación computadores por estudiante una vez cambia el tratamiento por primera vez (t=0). Puntaje global. Resultados en Desviaciones estándar



Fuente: Elaboración propia a partir de Saber 11 y CPE

Además, al tener en cuenta la ventana de tiempo 2015 a 2021 (periodo que cuenta con información de docentes capacitados), se encuentra un efecto creciente de corto plazo que luego parece desvanecerse. En ese orden, las sedes tratadas, por ejemplo, en 2017 y 2018, registraron un efecto positivo en el rendimiento escolar, apoyado por el programa CPE de 0.11 DE.

Conclusiones

La educación constituye un pilar fundamental para superar las trampas de pobreza. Además, permite a la población de escasos recursos cerrar las brechas de desigualdad con los más privilegiados. El 2020 trajo consigo importantes retos en esta materia, pues tener un dispositivo TIC marcaba la diferencia entre continuar o no con los estudios en el colegio, con las graves consecuencias que eso conlleva. Si bien se cuenta con poca información reciente para medir el costo que acarreó la pandemia en términos de educación, el Banco Mundial (2022) estima que se habrían perdido más de diez años de avance en términos de aprendizaje a raíz de los confinamientos y cierres de colegios en América Latina.

Con eso en mente, el presente trabajo brinda los primeros acercamientos sobre el impacto del programa Computadores Para Educar y cuál fue su efecto en medio de la pandemia. A partir de la información de entregas de equipos por parte del programa junto con los datos de rendimiento escolar, se tiene que el efecto es de 0,013 DE para 2020 y 0,010 para 2021, si se tiene en cuenta la relación equipo/estudiante y si ha recibido capacitación docente en su sede educativa. Al estimar el efecto del programa en las principales áreas de conocimiento (lenguaje, matemáticas, inglés y sociales), el efecto no es estadísticamente significativo (anexos 3 a 6).

Es importante señalar por qué los resultados de participación difieren cuando se incorpora en la ecuación la capacitación docente o los equipos por estudiante. Tal como lo menciona el estudio del Centro de Consultoría (2014), uno de los componentes fundamentales que explica el efecto del programa es la formación profesoral. A través de esas herramientas mejoran los conocimientos pedagógicos que se implementan en el aula de clase. El aprendizaje se fortalece en la medida que el uso de dispositivos TIC es dirigido por docentes que tengan la capacidad de manejarlos completamente. Además, los resultados sugieren que a medida que pasa el tiempo y los estudiantes están expuestos al programa el efecto se acumula, lo que representa de manera más fiel el hecho de que un estudiante que ha usado los dispositivos durante la mayor parte de su formación tenga más y mejores herramientas para aprovechar sus ventajas. En ese sentido, y tal como sugiere parte de la evidencia citada en el documento, el uso de equipos por si solos pudiera llevar a resultados indeseados.

Por otro lado, vale destacar algunos posibles mecanismos por los cuales los efectos encontrados son nulos. Uno de ellos está asociado a la cantidad total de equipos suministrados. El programa CPE ha hecho entregas no solo a sedes educativas sino también a secretarías de educación. Estas últimas, tienen la potestad de asignar los equipos a las sedes que consideren necesitan de las herramientas TIC. En total son 6044 elementos que para los años 2015, 2017 y 2019 fueron asignados a la autoridad de educación local. Al no poder rastrear las sedes que recibieron esos equipos desde la base de datos, se puede subestimar o sobreestimar el coeficiente encontrado, dependiendo de si son las sedes beneficiadas quienes recibieron los equipos o si son las sedes de

control quienes pudieron haber participado en el programa. Además, los colegios a los cuales CPE no ha llegado pueden tener acceso a herramientas tecnológicas por otros medios diferentes al programa. Eso podría tener un impacto positivo sobre el rendimiento escolar, subestimando el efecto hallado.

Así mismo, importa la disponibilidad efectiva de dispositivos. Las estimaciones presentadas tienen en cuenta los equipos acumulados recibidos por la institución educativa desde el 2014 (e incluso 2013 y 2015 en las pruebas de robustez). Puede darse el caso en que en esa ventana de tiempo algunos equipos hayan cumplido su vida útil y no estén disponibles para su uso. Así mismo, el programa tenía como principal intención que los estudiantes que en cada cohorte presentaron las pruebas Saber 11, fueran priorizados para el préstamo de equipos. No obstante, dicha política estaba a cargo de cada sede educativa, razón por la cual no es posible establecer de manera puntual cuál fue el uso específico que se le dio a los equipos. Además, el total de equipos pudo no ser suficiente para generar un efecto positivo en los estudiantes de grado 11. Es de recordar que tener un dispositivo por estudiante es difícil para las sedes, lo que en la práctica se traduce en que muchos alumnos no contaron con un medio digital que complementara su proceso de aprendizaje, incluso si la totalidad de ellos fueron prestados. Finalmente, es de resaltar que existe cierto desbalance entre el grupo de tratamiento y control (para las estimaciones del modelo principal). Esto es, el grupo de sedes que recibe el programa en muchos casos supera con creces la cantidad de instituciones que no lo hace. Eso podría tener consecuencia sobre la precisión de los estimadores del modelo.

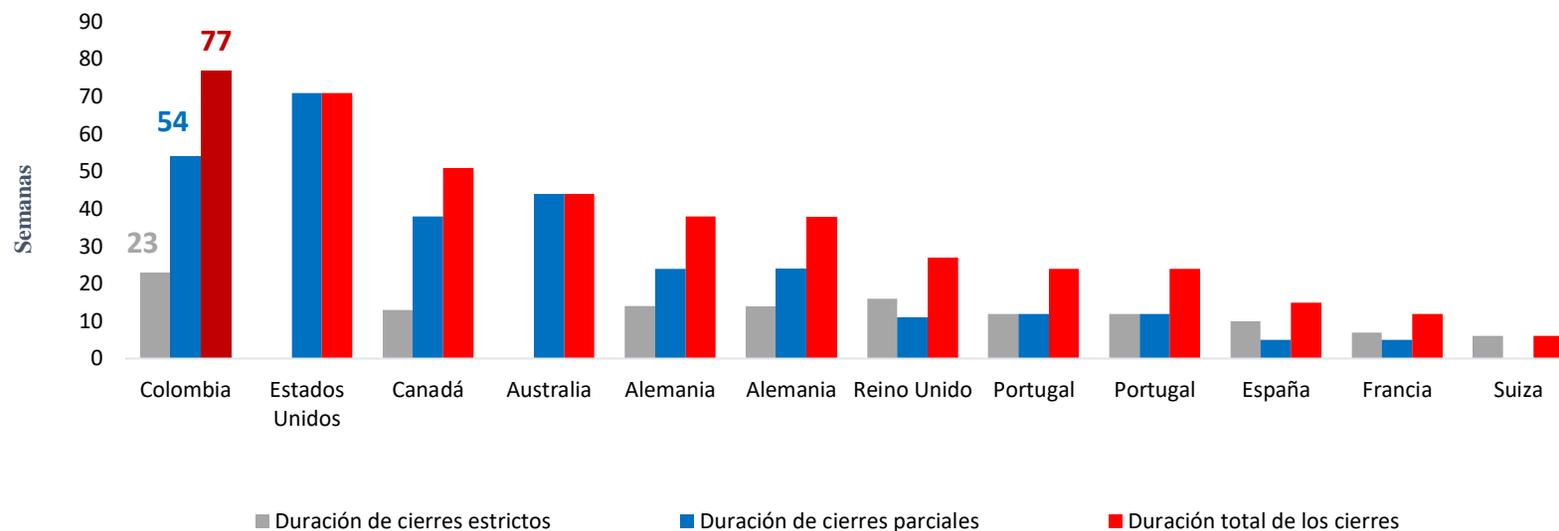
Computadores Para Educar fue un aliado importante para las escuelas más necesitadas del país al otorgar a título de préstamo los equipos asignados a los colegios en medio de la pandemia. Trabajos que surjan con posterioridad a este documento podrán analizar el impacto que CPE tuvo sobre la deserción escolar y el ingreso a la educación superior en este periodo tan particular. De igual forma, podrán estimar el efecto agregado del programa con nuevo horizonte de tiempo, con el fin de mantener actualizado el marco de resultados que orienta la política pública enfocada en cerrar las brechas digitales.

- Abadía, L & Soler, S & González J (2021) Saber11 en Tiempos de Pandemia: ¿Quiénes fueron los más afectados? Recuperado de: https://secureservercdn.net/198.71.233.138/evb.eef.myftpupload.com/wp-content/uploads/2021/04/Saber11_en_Tiempos_de_Pandemia-5.-.VERSIO%CC%81N-ABRIL.pdf
- Alderete, M & Formichella, M (2016), Efecto de las tic en el rendimiento educativo: el Programa Conectar Igualdad en la Argentina. Revista CEPAL 119. Recuperado de: RVE119_Formichella.pdf (cepal.org)
- Alderete, M & Formichella, M & Krüger N (2020) Efecto de las tic sobre los resultados educativos: estudio en barrios vulnerables de Bahía Blanca. Universidad Nacional de Entre Ríos, Argentina. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/journal/145/14564892007/html/>
- Almerich, G & Orellana, N & Suárez, J & Díaz, I (2016) Teachers' information and communication technology competences: A structural approach. Journal ELSEVIER
- Angrist J. & Lavy, V. (2002). New evidence on classroom computers and pupil learning. The Economic Journal, 112: 735–765
- Banco Mundial (2022, junio 23). Cuatro de cada cinco niños en América Latina y el Caribe no podrán comprender un texto simple. Comunicado de prensa. Recuperado de: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2022/06/23/education-latin-america#:~:text=%E2%80%9CAm%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe%20ya%20perdi%C3%B3%20m%C3%A1s%20de%20diez,Am%C3%A9rica%20Latina%20y%20el%20Caribe.>
- Cambios y retos que enfrentaron los docentes durante el cierre de colegios por la pandemia. (2021) Laboratorio de economía de la educación, Pontificia Universidad Javeriana. Recuperado de: <https://secureservercdn.net/198.71.233.138/evb.eef.myftpupload.com/wp-content/uploads/2021/05/INFORME-ENCUESTAS-Cambios-y-retos-que-enfrentaron-los-docentes-durante-el-cierre-de-colegios-por-la-pandemia.-2.pdf>
- Córdoba, F. & Herrera, H.(2013) Impacto del uso de objetos de aprendizaje en el desempeño en matemáticas de estudiantes de grado noveno. Revista Virtual Universidad Católica del Norte 39: 47-58.
- Centro Nacional de Consultoría, (2014). Evaluación de impacto y de la sostenibilidad de Computadores para Educar en la calidad de la educación de las sedes educativas beneficiadas. Recuperado de: <https://www.computadoresparaeducar.gov.co/publicaciones/54/estudios-de-impacto-sobre-computadores-para-educar/>
- Chaisemartin, C & D'Haultfoeuille, X (2021). Two-Way Fixed Effects and Differences-in-Differences with Heterogeneous Treatment Effects: A Survey. The Econometrics Journal, pp 1-32.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2019). Indicadores básicos de TIC en hogares. Recuperado de: <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/tecnologia-e-innovacion/tecnologias-de-la-informacion-y-las-comunicaciones-tic/indicadores-basicos-de-tic-en-hogares>
- Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (2014). Clasificación de establecimientos y sedes. Recuperado de:

<https://www.icfes.gov.co/documents/20143/1463847/Presentacion+clasificacion+de+establecimientos+y-sedes.pdf>

- Nisar, M & Munir, E & Shad, S (2011). Usage and Impact of ICT in Education Sector; A Study of Pakistan. Recuperado de: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1206/1206.5132.pdf>
- Osorio, F & Linden, L & Hernández, M (2008) Programa de Computadores para Educar Evaluación de impacto. Fedesarrollo. Recuperado de: https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/1004/Repor_Octubre_2008_Olivera_et_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Prieto, C (2014). Evaluación del programa Escuela 2.0 para la asignatura de Matemáticas a partir de PISA 2012. Recuperado de: <https://www.educacionyfp.gob.es/inee/dam/jcr:a3982af3-75a0-4d65-a422-5642fb757460/pctescuela20sjv2.pdf>
- Rodríguez, C & Sánchez, F & Márquez, J (2011) Impacto del programa Computadores Para Educar en la deserción estudiantil, el logro escolar y el ingreso a la educación superior. Centro de estudios sobre desarrollo económico (CEDE), Universidad de los Andes. Recuperado de: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/8254>
- UNESCO, (2020), La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19. Recuperado de: [La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19 - UNESCO Biblioteca Digital](#)
- UNESCO (2022). From disruption to recovery. Recuperado de: <https://en.unesco.org/covid19/educationresponse>
- Universidad Nacional de Colombia (2018). Informe final del estudio de medición y evaluación de impacto de CPE 2014-2018. Recuperado de: [Estudios de impacto sobre Computadores para Educar](#)

Anexo 1: Cierres de escuelas en países europeos y Estados Unidos. Duración en semanas



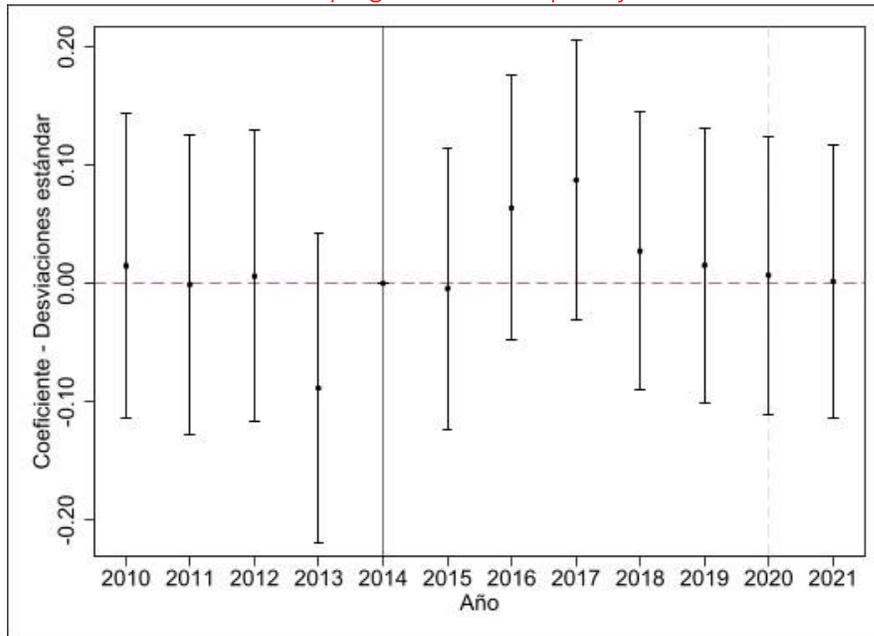
Fuente: Elaboración propia a partir de datos UNESCO

Anexo 2: Sedes educativas – Pruebas Saber 11

	Año											
Sede	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Privada	3.034	3.250	3.369	3.385	3.387	3.431	3.345	3.409	3.364	3.433	3.414	3.456
Pública	5.761	5.982	6.144	6.286	6.367	6.516	6.662	7.146	7.306	7.506	7.625	7.785
Total	8.795	9.232	9.513	9.671	9.754	9.947	10.007	10.555	10.670	10.939	11.039	11.241

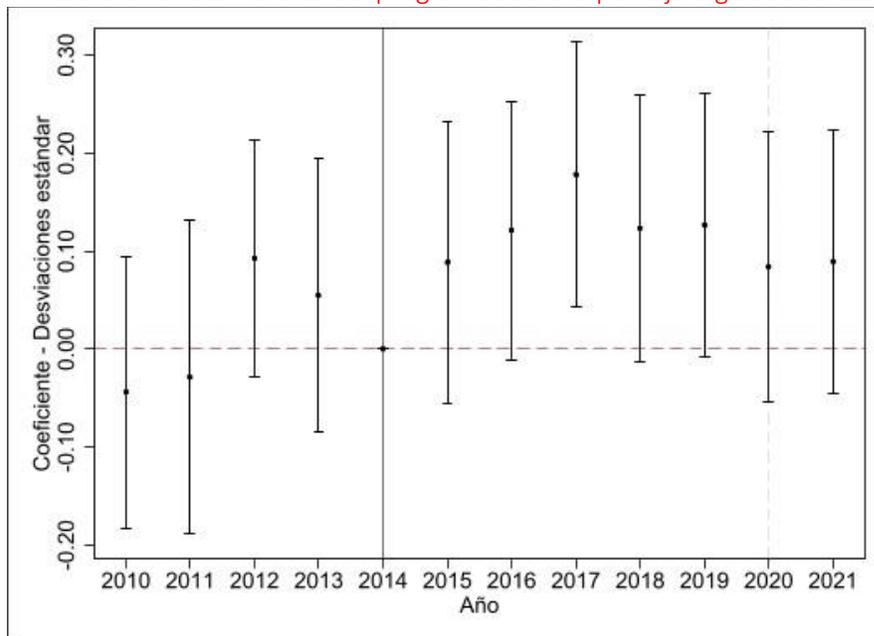
Fuente: Elaboración propia a partir de datos Saber 11

Anexo 3: Modelo dinámico. Efecto del programa sobre el puntaje matemáticas Saber 11



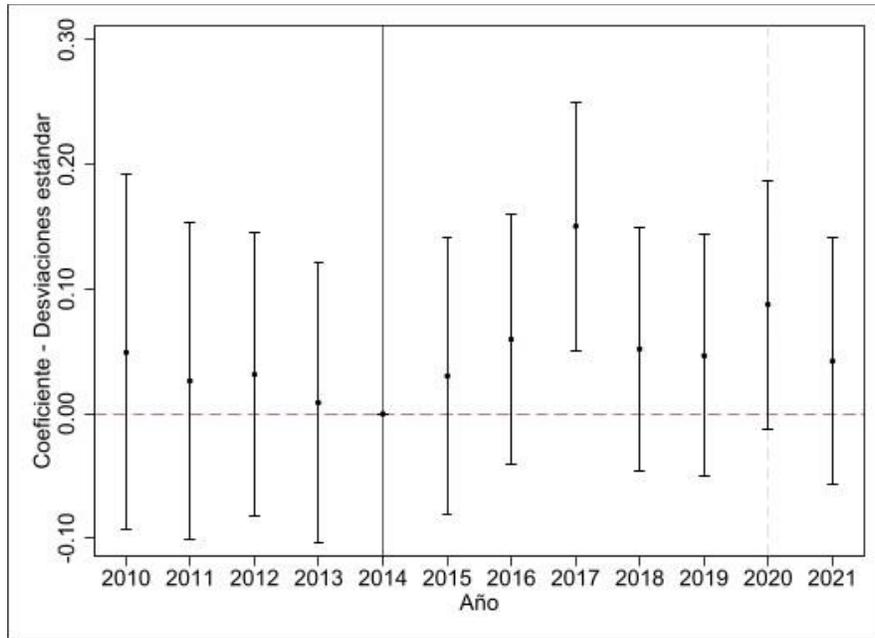
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 4: Modelo dinámico - Efecto del programa sobre el puntaje inglés Saber 11



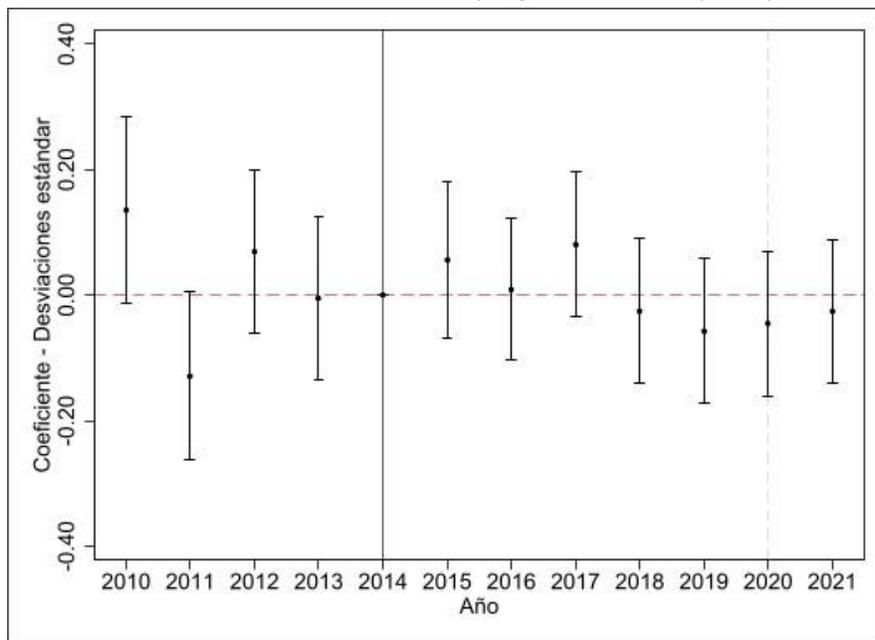
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 5: Modelo dinámico. Efecto del programa sobre el puntaje lectura Saber 11



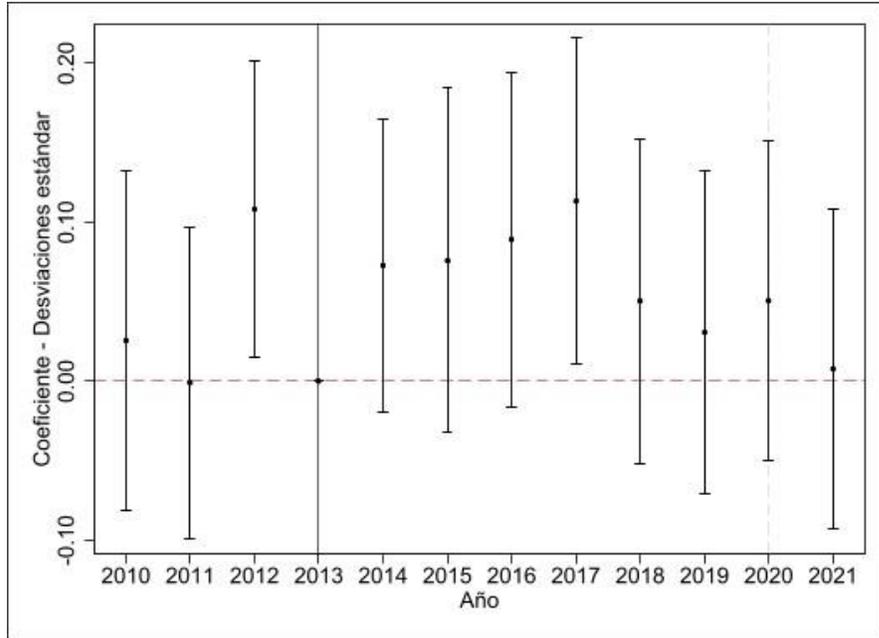
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 6: Modelo dinámico - Efecto del programa sobre el puntaje sociales Saber 11



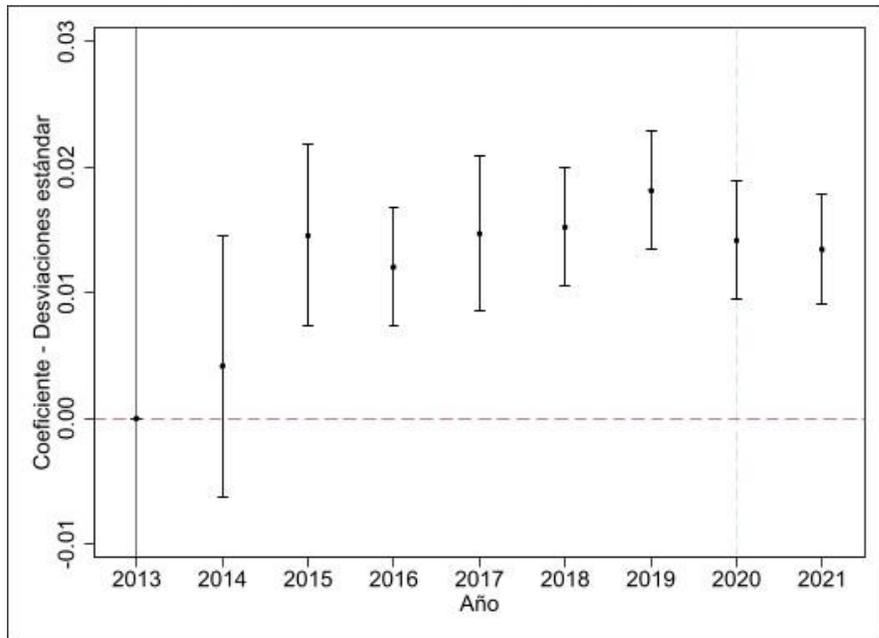
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 7: Modelo dinámico. Efecto del programa con 2013 como punto de partida sobre el puntaje global Saber 11



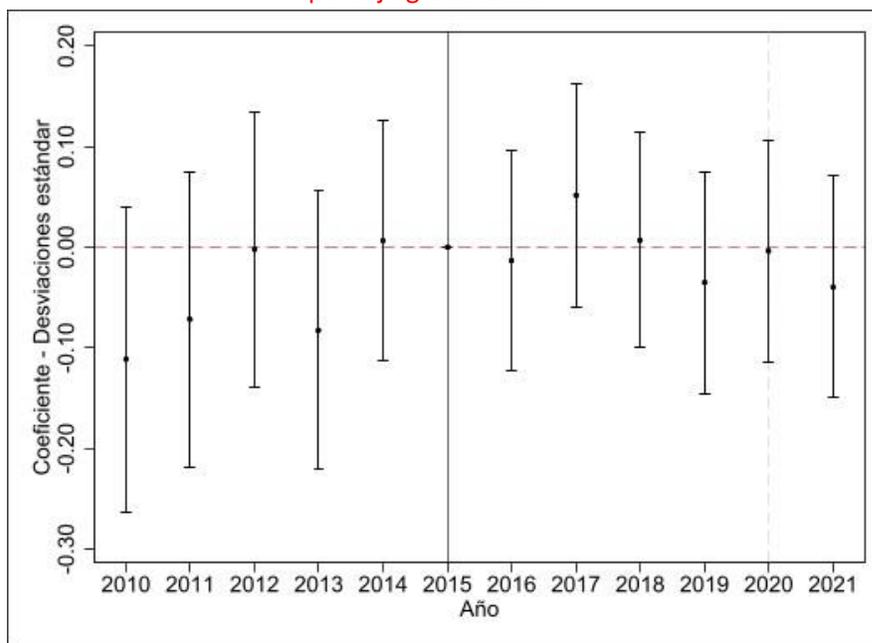
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 8: Modelo dinámico. Efecto del programa con 2013 como punto de partida de la relación de equipos por estudiante sobre el puntaje global Saber 11



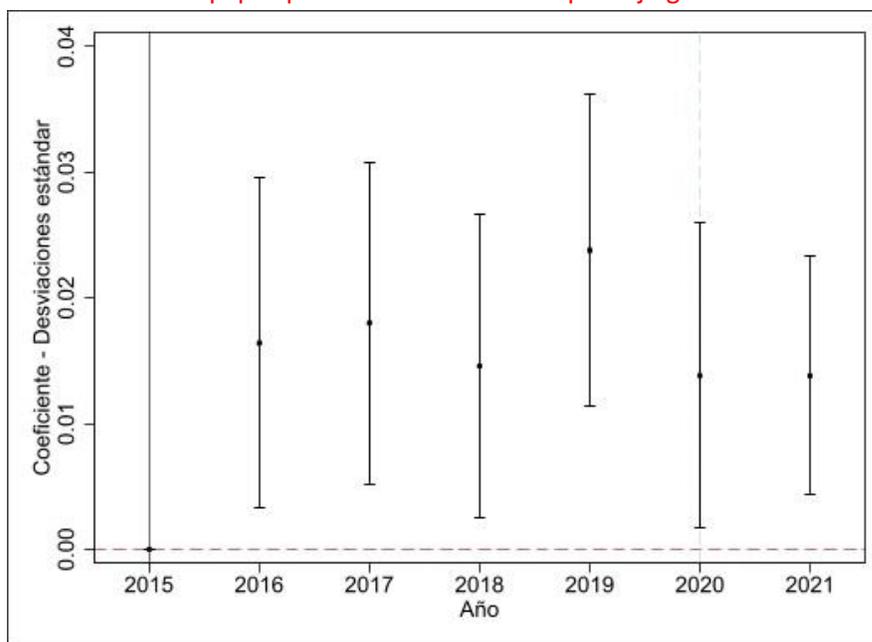
Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 9: Modelo dinámico. Efecto del programa con 2015 como punto de partida sobre el puntaje global Saber 11



Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE

Anexo 10: Modelo dinámico. Efecto del programa con 2015 como punto de partida de la relación de equipos por estudiante sobre el puntaje global Saber 11



Fuente: Elaboración propia a partir de información ICFES y CPE